



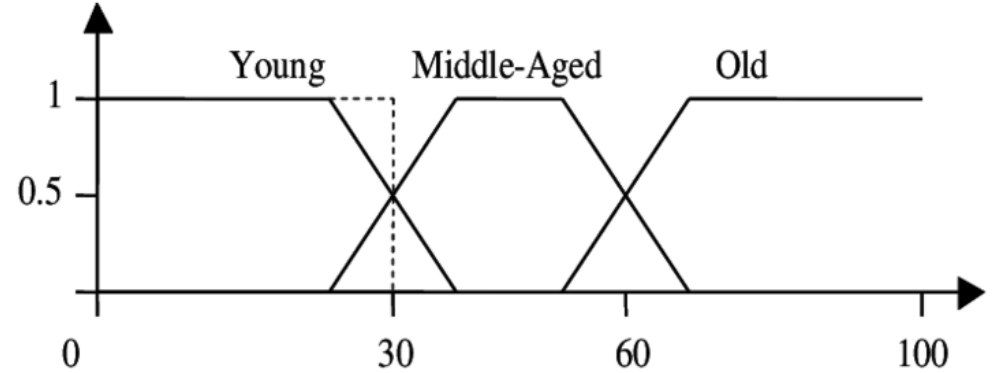
YBS519

# Yapay Zeka ve Uygulamaları

## Bölüm 4

## Bulanık Mantık

## (Fuzzy Logic)



Gaziantep Üniversitesi

Yönetim Bilişim

Sistemleri, Tezsiz Yüksek

Lisans Programı

<http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/ai>

Nisan 2021

# İçerik

1. Bulanık Mantık Nedir?
2. Bulanık Küme İşlemleri
3. MATLAB'da Bulanık Mantık Araç Kutusu
4. Uygulamalar

# 1. Kısım

## Bulanık Mantık Nedir?

# Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

- Bulanık mantığın temeli bulanık kümelere dayanır.
- Klasik yaklaşımda bir nesne ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde nesne küme ile olan üyelik ilişkisi bakımından kümenin elemanı ise "1", kümenin elemanı değilse "0" değerini alır.
- Bulanık mantık klasik küme teorisinin genişletilmesidir. Bulanık küme'de her bir nesnenin bir üyelik derecesi vardır. Nesnenin üyelik derecesi,  $[0, 1]$  aralığında herhangi bir değer olabilir ve üyelik fonksiyonu  $\mu(x)$  ile gösterilir.

# Bulanık Mantık

- İnsan sağduyusundan çıkan kuralları kullanır.
- Sözel değişkenlere ihtiyaç duyar.
- Çok sayıdaki giriş verileri ile çıkış verileri arasında ilişki kurmaya çalışan matematiksel bir modeldir.
- Kesin olmayan verilere toleranslı bir yaklaşımdır.
- Uzman deneyim ve birikimlerini kullanılır.
- Kontrol sistemlerinde başarılı bir şekilde uygulanmıştır.
- BM her probleme çare değildir.
- Bir problem için daha kolay ve modeli kesin olarak belirlenmiş bir çözüm yolu varsa BM kullanılmamalıdır.
- BM (YSA gibi) öğrenme becerisi yoktur.

# BM: Kim Geliřtirdi?

- 1965 yılında Ltf Aliasker Zade'nin yayınladığı bir makalenin sonucu oluşmuş bir mantık yapısıdır.
- 1921, Bak - 2017, Kaliforniya



# BM: Nerede Kullanılıyor?

## Otomotiv

Otomatik Şanzımanlar  
Dört tekerli taşıtlar  
Araç ortam kontrolü

## İklimlendirme

Klimalar  
Kurutucular  
Isıtıcılar  
Hava nemlendiriciler

## Elektronik

Motor devir kontrolü  
Hi-Fi sistemleri  
Fotokopi makineleri  
Fotoğraf makineleri  
Video kameralar  
Televizyonlar

## Beyaz Eşya ve Ev aletleri

Çamaşır makineleri  
Buzdolapları  
Tost makineleri  
Elektrikli süpürgeler  
Mikrodalga fırınlar

# BM: Nerede Kullanılıyor?

Product	Company	Fuzzy Logic
Anti-lock brakes	Nissan	Use fuzzy logic to controls brakes in hazardous cases depend on car speed, acceleration, wheel speed, and acceleration
Auto transmission	NOK/Nissan	Fuzzy logic is used to control the fuel injection and ignition based on throttle setting, cooling water temperature, RPM, etc.
Auto engine	Honda, Nissan	Use to select geat based on engine load, driving style, and road conditions.
Copy machine	Canon	Using for adjusting drum voltage based on picture density, humidity, and temperature.
Cruise control	Nissan, Isuzu, Mitsubishi	Use it to adjusts throttle setting to set car speed and acceleration
Dishwasher	Matsushita	Use for adjusting the cleaning cycle, rinse and wash strategies based depend upon the number of dishes and the amount of food served on the dishes.
Elevator control	Fujitec, Mitsubishi Electric, Toshiba	Use it to reduce waiting for time-based on passenger traffic
Golf diagnostic system	Maruman Golf	Selects golf club based on golfer's swing and physique.
Fitness management	Omron	Fuzzy rules implied by them to check the fitness of their employees.
Kiln control	Nippon Steel	Mixes cement
Microwave oven	Mitsubishi Chemical	Sets lunes power and cooking strategy
Palmtop computer	Hitachi, Sharp, Sanyo, Toshiba	Recognizes handwritten Kanji characters
Plasma etching	Mitsubishi Electric	Sets etch time and strategy



## 2. Kısım

# Bulanık Küme İşlemleri

# Klasik Kümeler

İyi tanımlanmış nesnelere topluluğuna küme denir.

$P = \{\text{Bir sınıftaki erkek öğrenciler}\}$	$\Rightarrow$ sonlu küme
$A = \{1, 2, 3, 4\}$	$\Rightarrow$ sonlu küme
$M = \{\text{elma, muz, portakal}\}$	$\Rightarrow$ sonlu küme
$R = \{x \mid x \text{ yeryüzündeki nehirler}\}$	$\Rightarrow$ sonlu küme
$N = \{0, 1, 2, 3, 4, \dots\}$	$\Rightarrow$ sonsuz küme
$P = \{2, 4, 8, \dots\}$	$\Rightarrow$ sonsuz küme
$K = \{x \mid 2 < x < 5, x \text{ gerçel sayı}\}$	$\Rightarrow$ sonsuz küme

Klasik küme kuramı dijital sistem tasarımında kullanılır.

## Gösterim:

$p \in A$

$p, A$ 'nın elemanıdır

$A \subset B$

$A, B$ 'nin alt kümesidir

$U$

Evrensel küme

$\phi$

Boş küme

Herhangi bir  $A$  kümesi için  $\phi \subset A \subset U$

## Küme işlemleri:

Kesişim

$$A \cap B$$

Birleşim

$$A \cup B$$

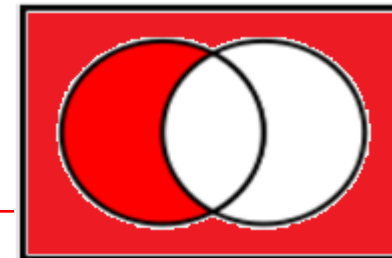
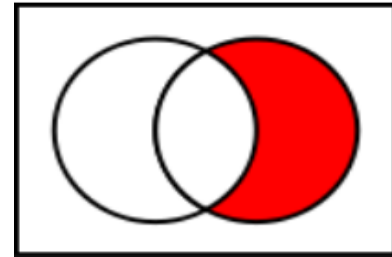
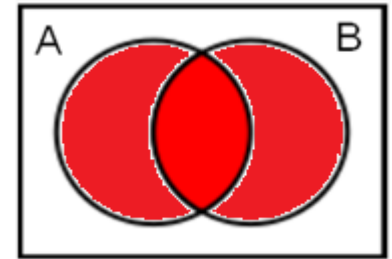
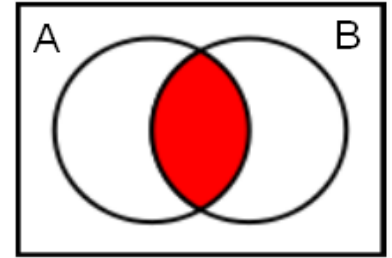
Fark

$$B - A = B \setminus A$$

Tümleyen  
(Complement)

$$B^C = \overline{B}$$

## Venn Diagram



# Bulanık Kümeler

- Bulanık kümeler belirsiz kavramları tanımlar (hızlı koşucu, soğuk hava gibi)
- Bulanık küme elemanlarına,  $[0, 1]$  kapalı aralığında herhangi bir gerçel sayı değerini atanabilir. Bu sayı üyelik derecesi olarak adlandırılır ve elemanın bulanık kümeye ait olmasının ölçüsünü belirler.
- Üyelik fonksiyonu  $\mu(x)$  ile temsil edilir.

Klasik küme:  $A = \{1, 2, 3, 4\}$

Bulanık küme:  $A = \{1/0.5, 2/1.0, 3/0.8, 4/0.1\}$

Burada, bulanık küme için  $\{ x / \mu(x) \}$  gösterimi kullanılmıştır.

# Klasik Küme ve Bulanık Küme

**KLASIK**



**FUZZY**



# Bulanıklık ve Olasılık

## Bulanık

Arif'in yaşı insan kümesindeki üyelik derecesi 0.9'dur.

Bardaktaki suyun kirli olma derecesi 0.5'dir.

## Olasılık

Arif'in yaşı olma olasılığı (şansı) 0.9'dur.

Bardaktaki su 0.5 olasılıkla kirlidir.



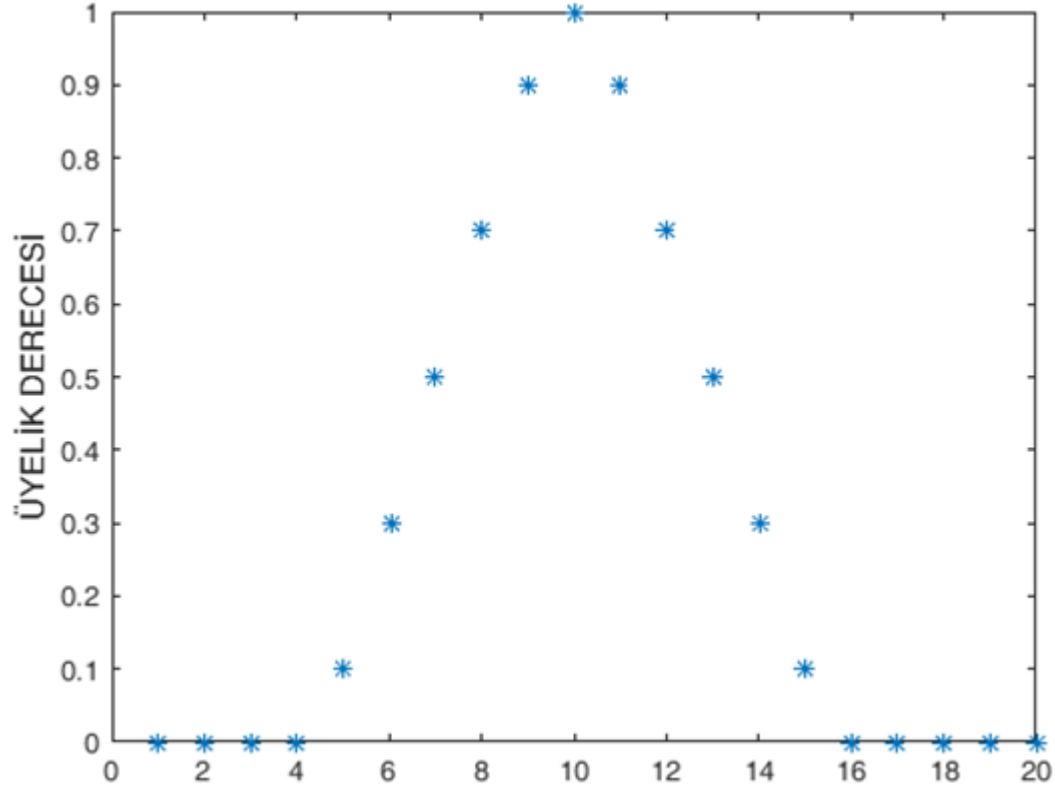
# Bulanık Küme Örnekleri

- 10'a yakın tamsayılar
- Bir basketbol takımındaki boyu 2 m'ye yakın oyuncular
- Hava sıcaklığı (çok soğuk, soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak)
- Arabanın hızı (yavaş, normal, hızlı)
- Bir insanın boyu (kısa, orta, uzun)
- Uzaklık (yakın, uzak değil, uzak, çok uzak)
- Yaş (Genç, Orta yaşlı, Yaşlı)
- Bir topun rengi (Sarı, Turuncu, Kırmızı)

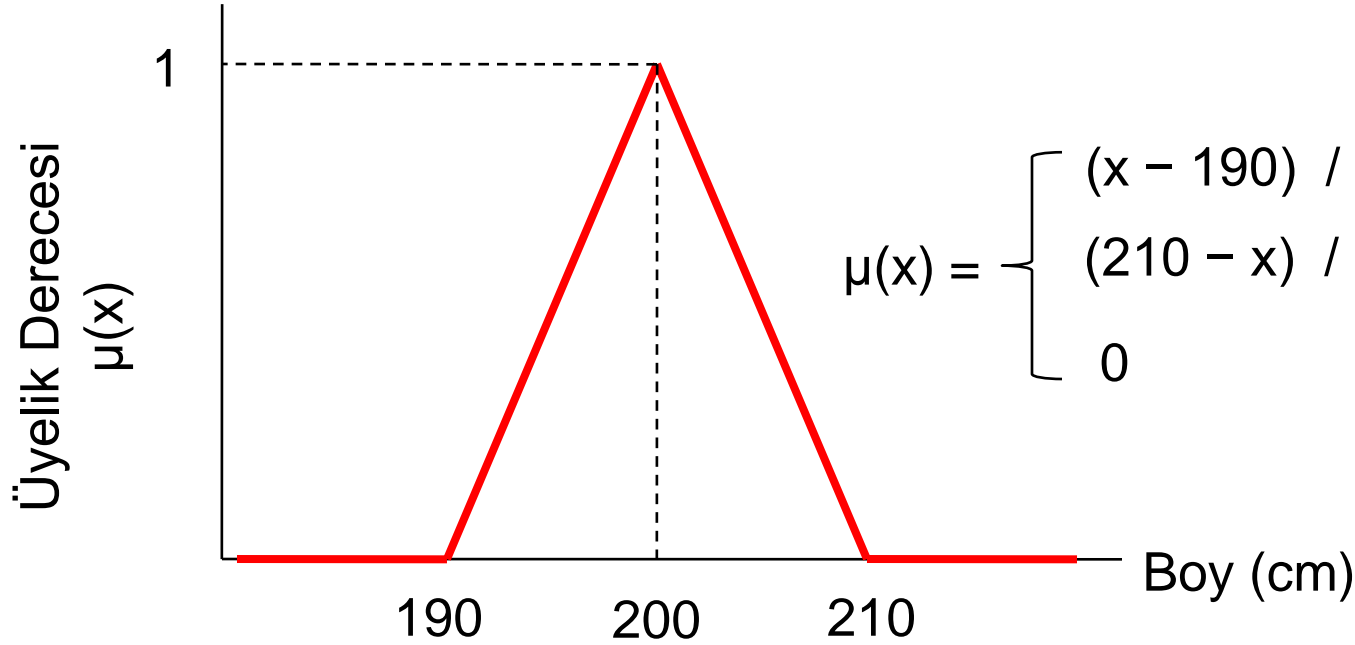


# 10'a yakın tam sayılar

$$T = \{\dots, \frac{4}{0.0}, \frac{5}{0.1}, \frac{6}{0.3}, \frac{7}{0.5}, \frac{8}{0.7}, \frac{9}{0.9}, \frac{10}{1.0}, \frac{11}{0.9}, \frac{12}{0.7}, \frac{13}{0.5}, \frac{14}{0.3}, \frac{15}{0.1}, \frac{16}{0.0}, \dots\}$$

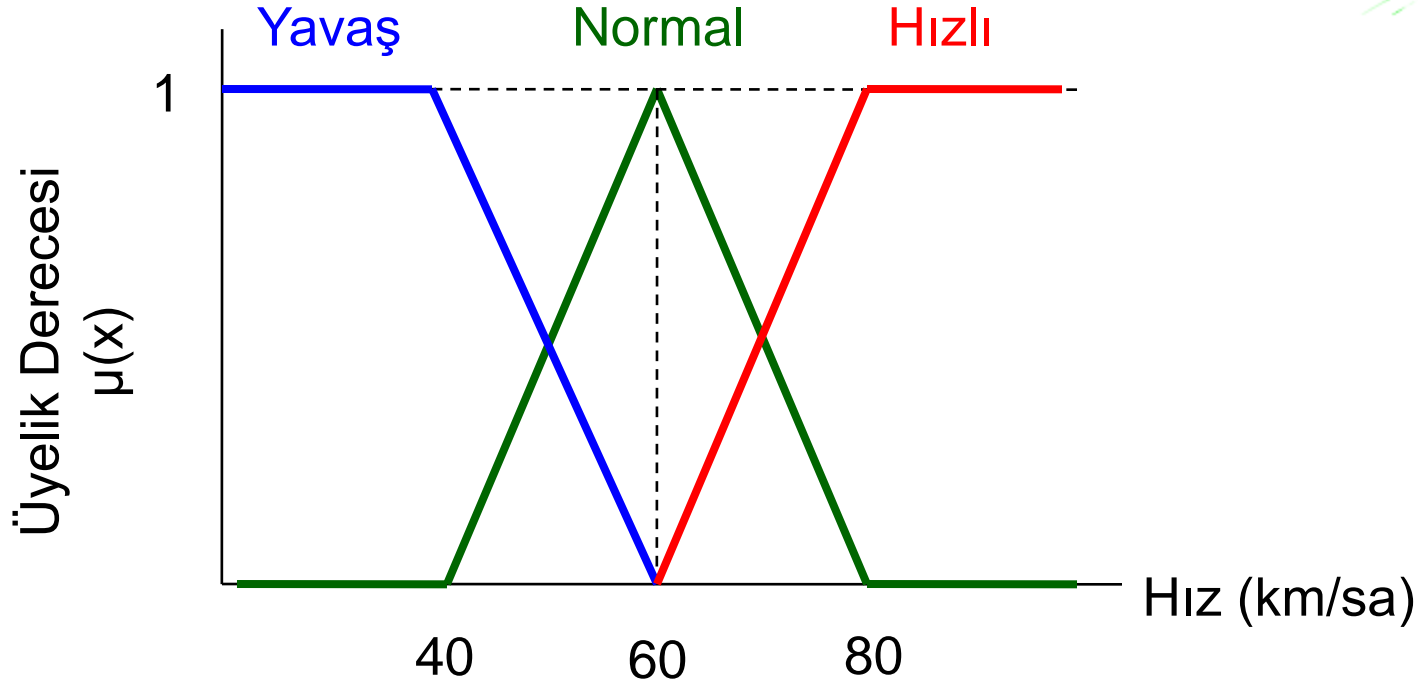


Bir basketbol takımındaki boyu  
2 m'ye **yakın** olan oyuncular



$$\mu(x) = \begin{cases} (x - 190) / 10 & ; 190 < x < 200 \\ (210 - x) / 10 & ; 200 < x < 210 \\ 0 & ; \text{diğer türlü} \end{cases}$$

# Arabanın hızı



Topun rengi (kırmızı?)



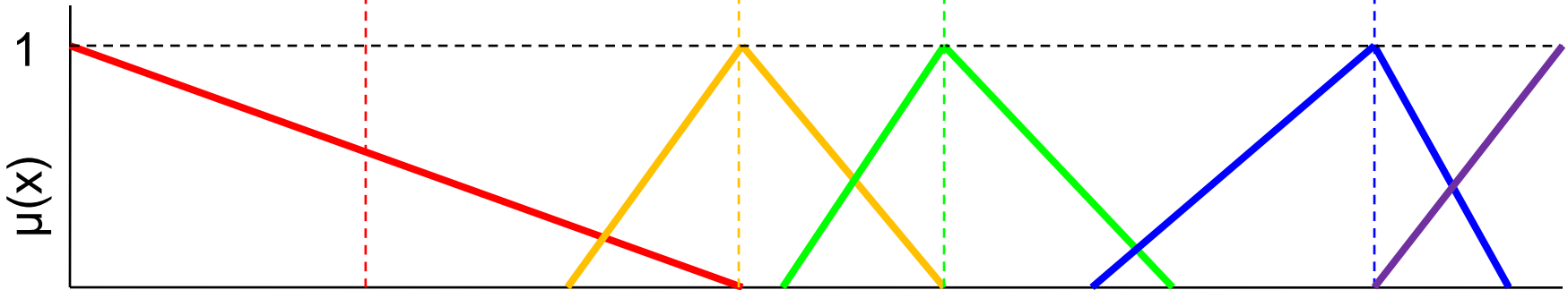
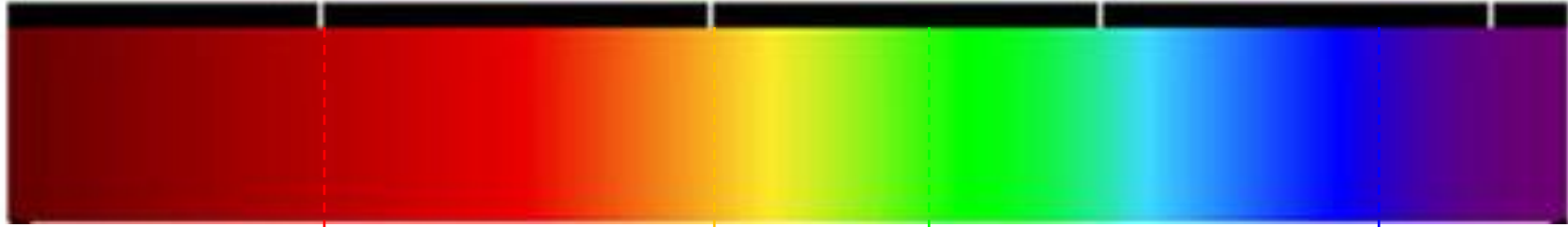
← Dalgaboyu (nm)

700

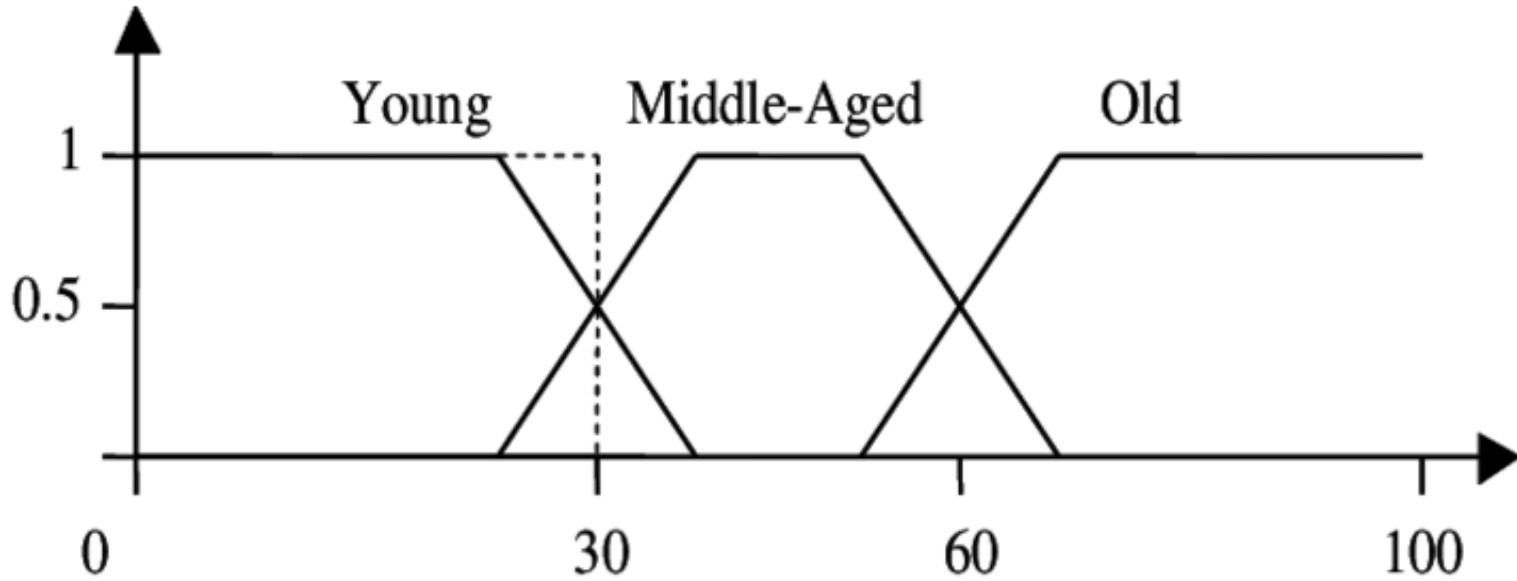
600

500

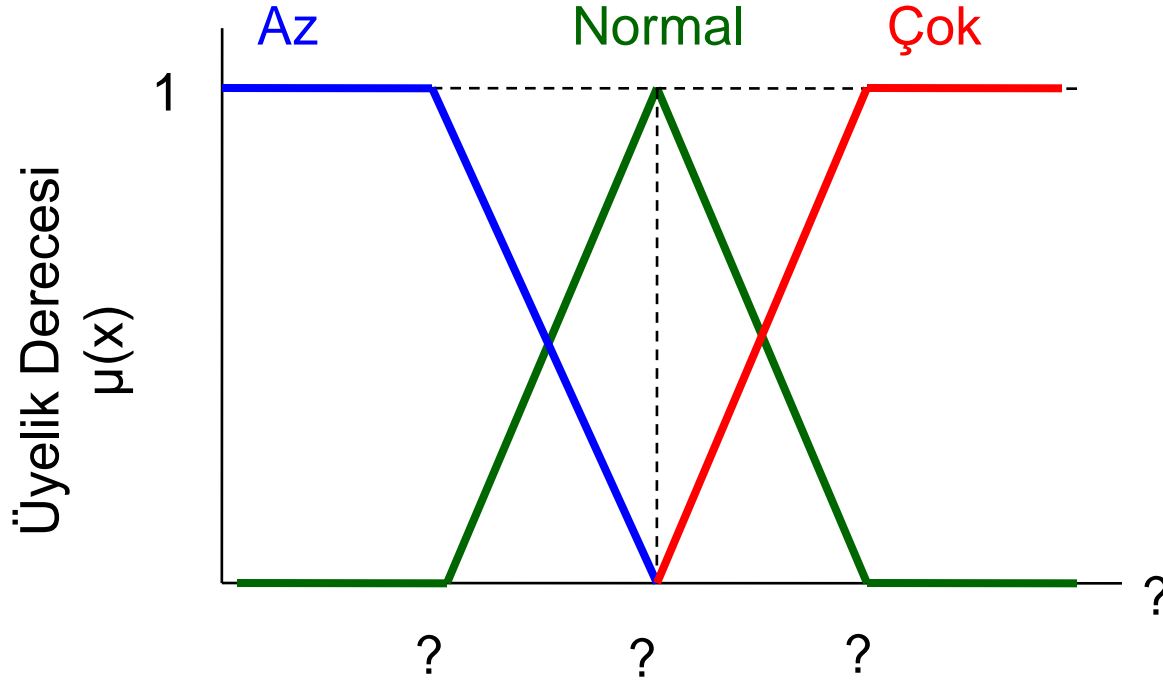
400



Yaş



# Yemeğin baharatı (Bir ölçek yok. Bulanıklaştırılmaz!)



# Üyelik Fonksiyonları (Membership Fun.)

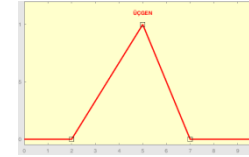
Bulanık kümeleri belirleyen üyelik fonksiyonları farklı yöntemler mevcuttur.

En çok kullanılan fonksiyonların bazıları şöyledir:

**Fonksiyon adı**    **MATLAB'daki adı**

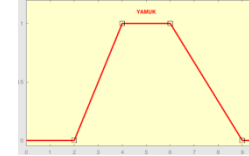
Üçgen

`trimf`



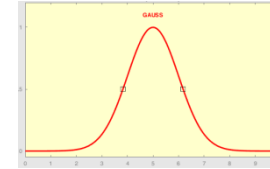
Yamuk

`trapmf`



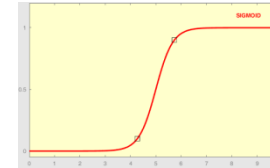
Gauss

`gaussmf`



Sigmoid

`sigmf`

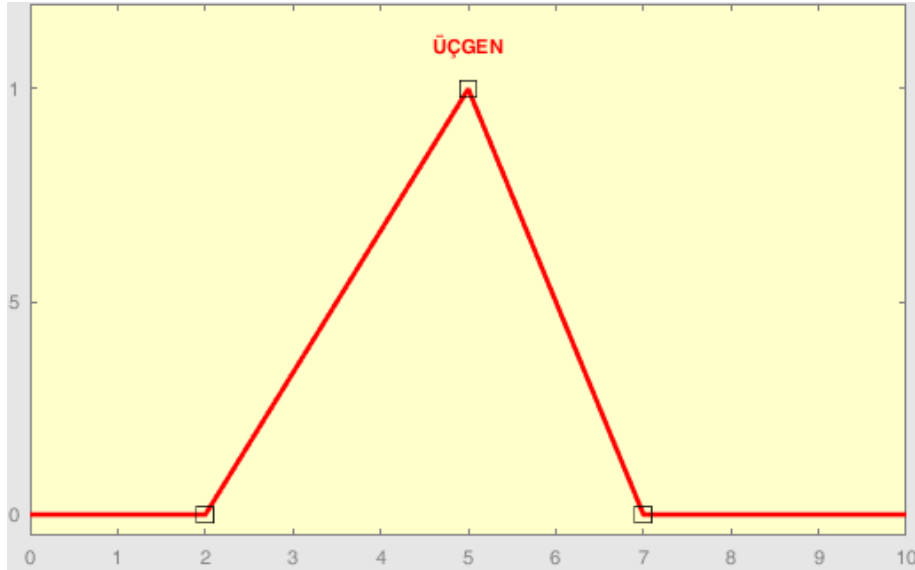


# Üyelik Fonksiyonları (Membership Fun.)

Üçgen'in parametreleri:

[sol tepe sağ]

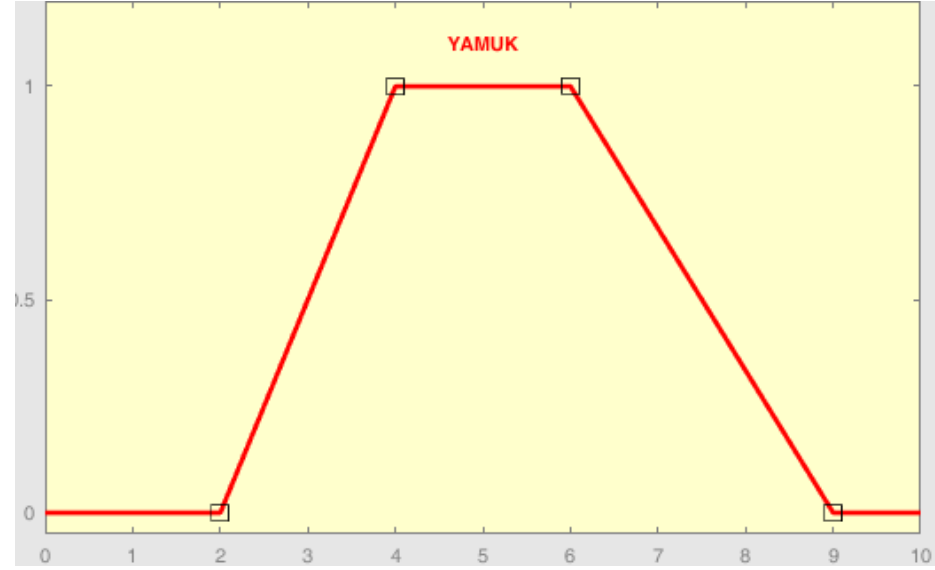
[2 5 7]



Yamuğun parametreleri:

[sol tepe1 tepe2 sağ]

[2 4 6 9]





# Üyelik Fonksiyonları (Membership Fun.)

Gauss'un parametreleri:

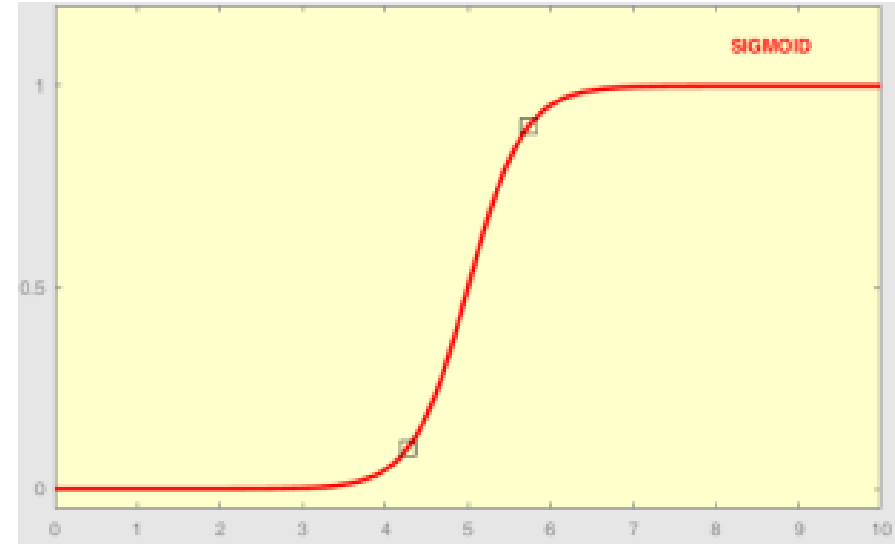
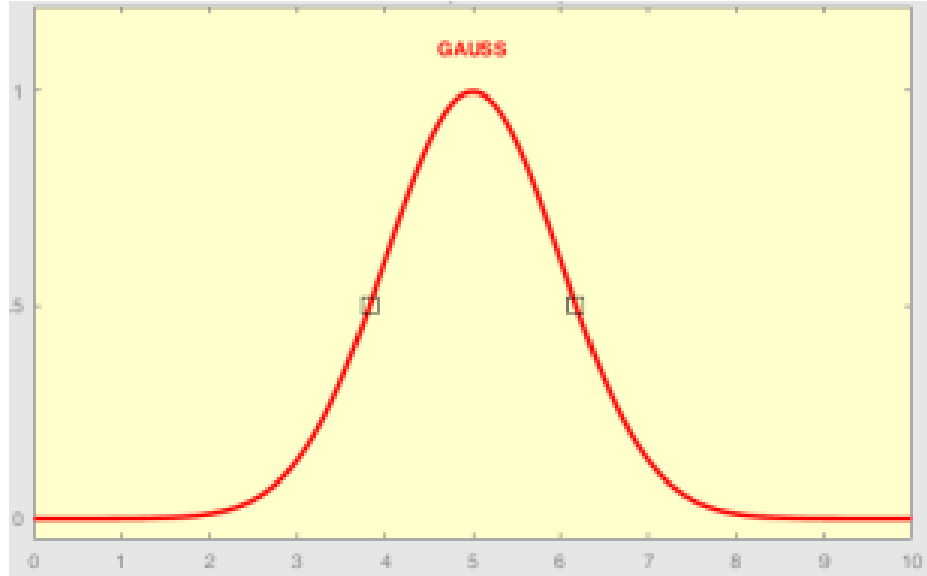
[genişlik\* merkez]

[1 5]

Sigmoid parametreleri:

[genişlik merkez]

[3 5]



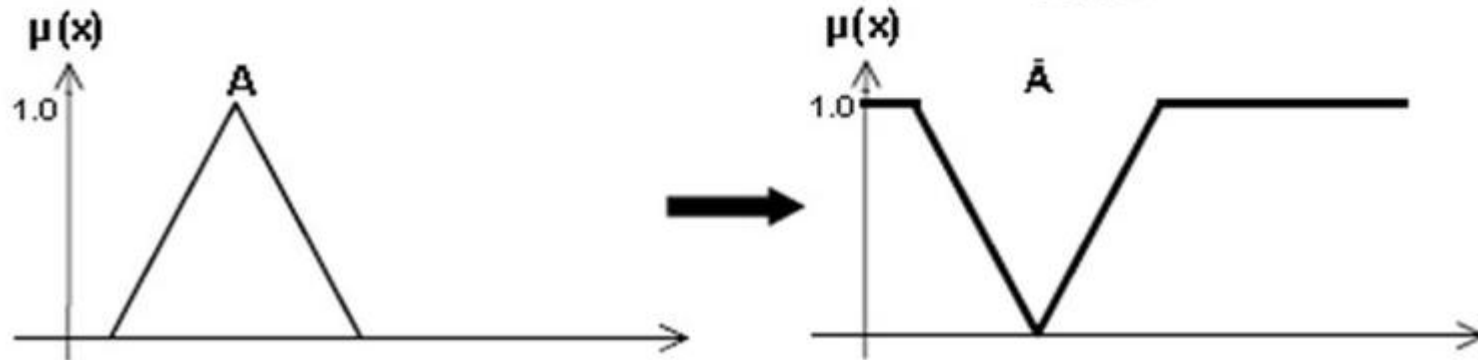
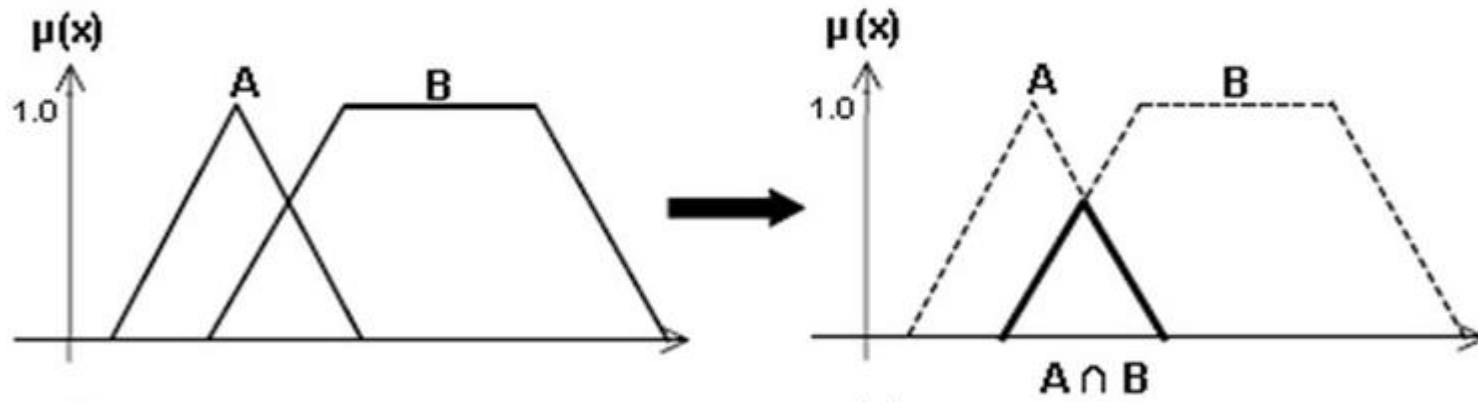
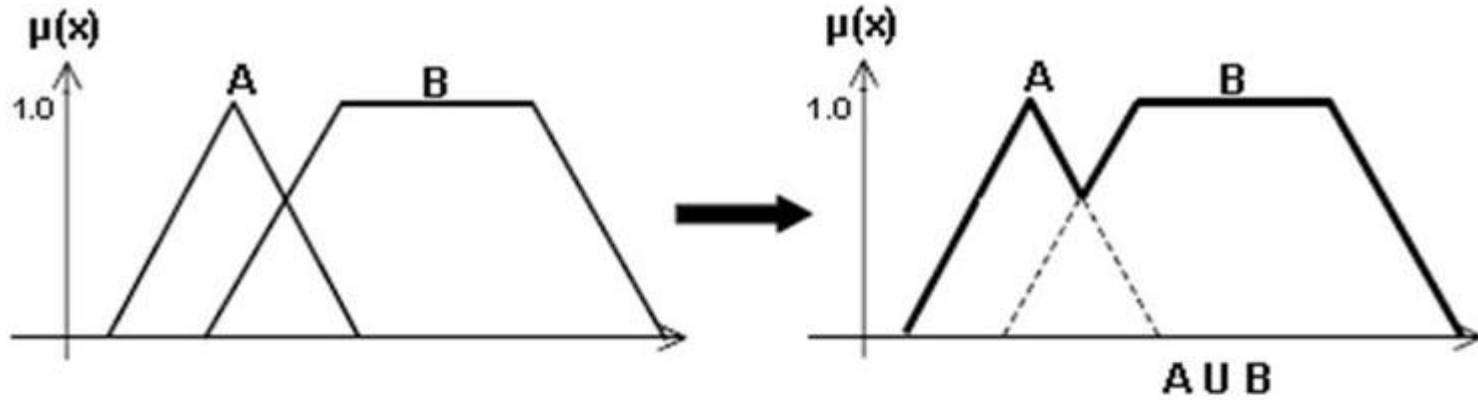
\* Gauss fonksiyonundaki genişlik dağılımın standart sapmasıdır.

# Klasik/Bulanık Küme İşlemleri

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$



## Örnek 1 – klasik çözüm

Aşağıdaki kümeler verilsin:

$$A = \{1, 2, 3, 4\}, \quad B = \{3, 4, 5, 6\} \quad \text{ve} \quad U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \dots\}$$

Buna göre

$$A \cup B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$A \cap B = \{3, 4\}$$

$$A^c = \{5, 6, 7, 8, \dots\}$$

## Örnek 2 – bulanık çözüm

Aşağıdaki bulanık kümeler verilsin:

$$A = \left\{ \frac{1}{1.0}, \frac{2}{0.9}, \frac{3}{0.8}, \frac{4}{0.5} \right\}$$

$$A \cup B = ?$$

$$B = \left\{ \frac{3}{0.2}, \frac{4}{0.8}, \frac{5}{0.9}, \frac{6}{0.3} \right\}$$

$$A \cap B = ?$$

$$\bar{A} = ?$$

$$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots\}$$

## Örnek 2 – bulanık çözüm

$$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots\}$$

Kümeleri daha açık yazalım:

$$A = \left\{ \frac{1}{1.0}, \frac{2}{0.9}, \frac{3}{0.8}, \frac{4}{0.5}, \frac{5}{0.0}, \frac{6}{0.0}, \frac{7}{0.0}, \dots \right\}$$

$$B = \left\{ \frac{1}{0.0}, \frac{2}{0.0}, \frac{3}{0.2}, \frac{4}{0.8}, \frac{5}{0.9}, \frac{6}{0.3}, \frac{7}{0.0}, \dots \right\}$$

$$A \cup B = \left\{ \frac{1}{1.0}, \frac{2}{0.9}, \frac{3}{0.8}, \frac{4}{0.8}, \frac{5}{0.9}, \frac{6}{0.3} \right\}$$

$$A \cap B = \left\{ \frac{3}{0.2}, \frac{4}{0.5} \right\}$$

$$\bar{A} = \left\{ \frac{1}{0.0}, \frac{2}{0.1}, \frac{3}{0.2}, \frac{4}{0.5}, \frac{5}{1.0}, \frac{6}{1.0}, \frac{7}{1.0}, \dots \right\}$$

## Alıştırma 1

Bir İHA'dan alınan fotoğraflar kullanılarak, görüntü işlemeyle nesne tanıma ve yerini tespit etme görevleri için aşağıdaki iki farklı bulanık küme tanımlanmıştır:

$$Araba = \left\{ \frac{K}{0.5}, \frac{M}{0.4}, \frac{A}{0.9}, \frac{E}{0.1} \right\}$$

$$Kamyon = \left\{ \frac{K}{1.0}, \frac{M}{0.1}, \frac{A}{0.4}, \frac{E}{0.2} \right\}$$

$$Araba \cup Kamyon = ?$$

$$Araba \cap Kamyon = ?$$

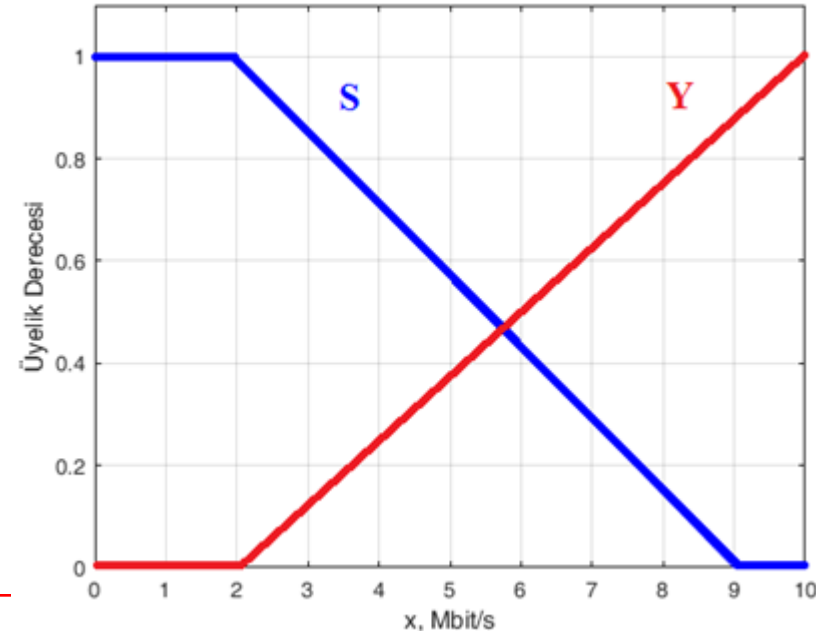
$$\overline{Kamyon} = ?$$

$$\overline{Araba \cup Kamyon} = ?$$

(K=Kamyon, M=Motorsiklet, A=Araba, E=Ev):

## Alıştırma 2

Ethernet protokolü üzerinden en fazla 10 Mbit/s hızla haberleşebilen bir yerel alan ağı (LAN) düşünün. Ağın trafik yoğunluğu, kullanılan toplam band genişliğinin en yüksek değerine göre belirlenebilir. Band genişliği kullanımını ( $X$ ) göstermek üzere, iki bulanık değişken tanımlanıyor; Sakin ( $S$ ) ve Yoğun ( $Y$ ). Aşağıdaki kümelerin grafiklerini çizin.



$$S \cup Y = ?$$

$$S \cap Y = ?$$

$$\bar{S} = ?$$

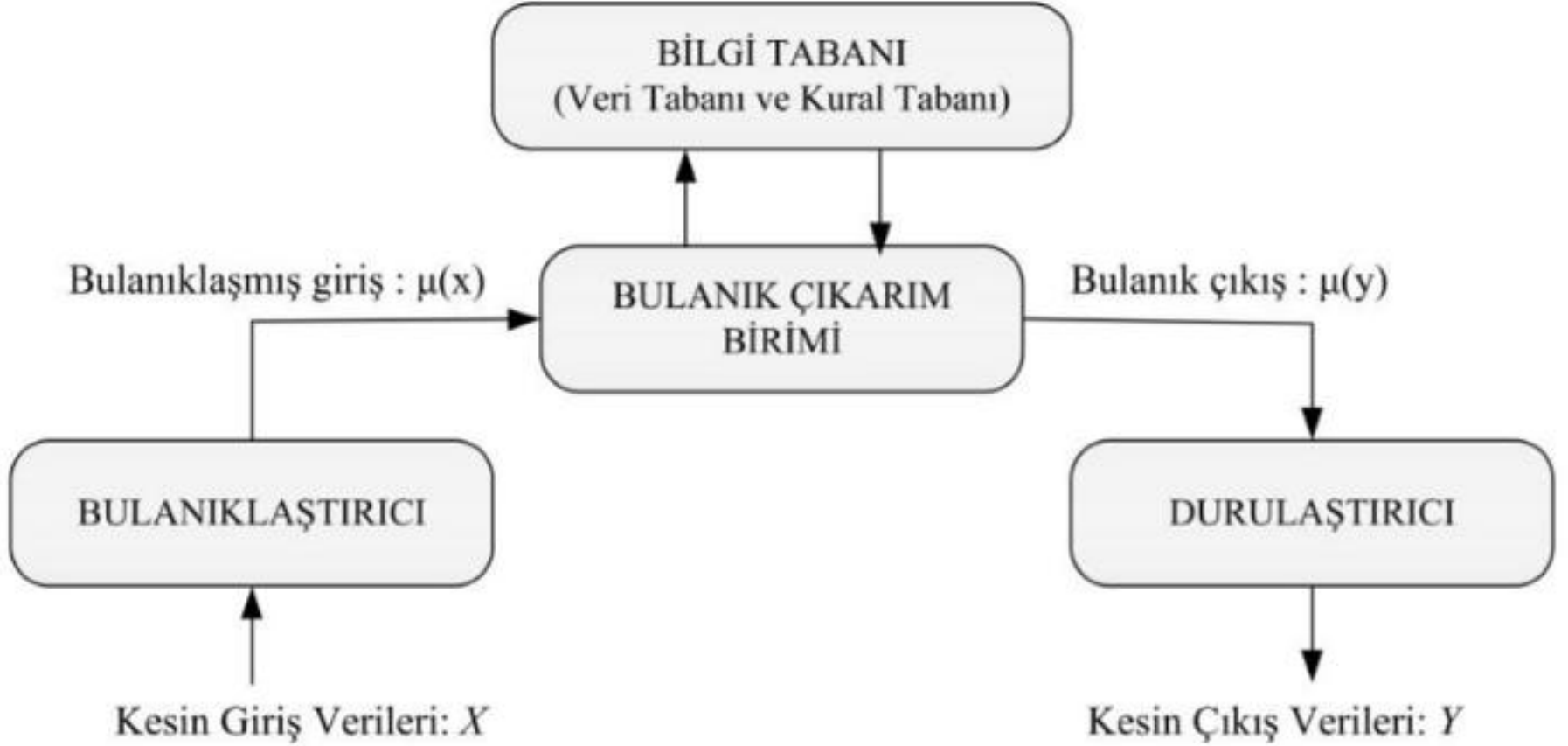
$$\bar{Y} = ?$$



## **3. Kısım**

# **Bulanık Sistem**

# Bulanık Sistemin Bileşenleri



# Bulanık Sistem Bileşenleri

**Bulanıklaştırıcı:** Sisteme yalın haliyle alınmış değerleri, üyelik fonksiyonunu kullanarak, bulanık değerlere (hatırlayın, 0 ile 1 arasındaydı) dönüştüren birimdir. Yani her bir giriş değerinin, bulanık kümeye/kümelere olan üyelik derecesini hesaplar diyebiliriz.

**Bulanık Çıkarım Birimi:** Bu kısım, bilgi tabanıyla ortak çalışarak, kendisine gelen bulanık değerlerden sonuçlar çıkarmaya çalışır. Bu sonuçların neye göre ve nasıl çıkarılacağına bilgisi bilgi tabanında tutulmaktadır.

**Bilgi Tabanı:** Bulanık kümeler arasındaki ilişkiler burada tutulur. Gelecek verilere göre hangi çıkarımların yapılacağıyla ilgili kurallar yine buradadır. (Bu kısmı, bulanık sistemin anayasası gibi düşünebiliriz.)

**Durulaştırıcı:** Çıkarım yapılmış veriler buraya kadar bulanık değer aralığında gelmektedir. Oysa bizim ihtiyacımız olan çıkış verilerin bambaşka bir aralıkta olması gerekebilir. Durulaştırıcı; gelen bulanık değerleri, istediğimiz bir aralığa göre ölçeklendirmeyi sağlar.

# Bulanık Çıkarım Sistemi (Fuzzy Inference System)

Bulanık küme ve bulanık işlemciler bulanık mantığın öznesi ve filleri'dir.

IF – THEN kuralları, bulanık mantığın şartlı ifadelerini temsil eder.

**IF** (conditions are fulfilled) **THEN** (consequences are inferred)

**IF** (koşullar sağlanırsa) **THEN** (sonuçları elde edilir)

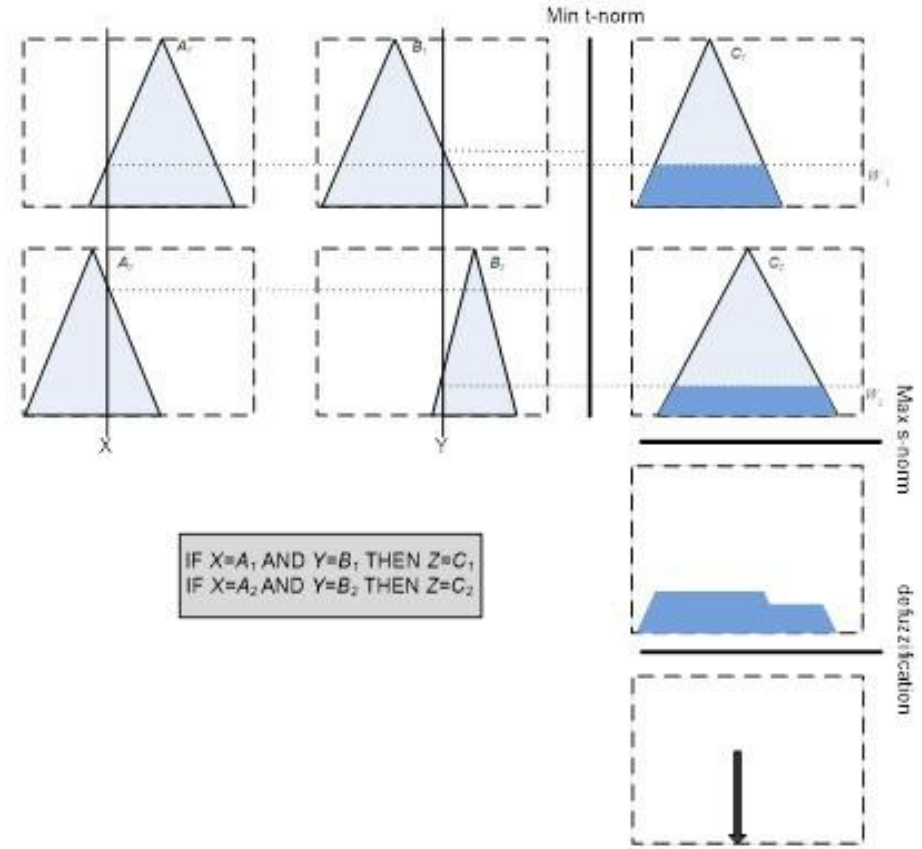
- Koşullardaki ve sonuçlardaki değişkenler sözeldir.
- Sistemde birçok IF-THEN kuralları oluşturulabilir (kural tabanı).

# Durulaştırma (Defuzzification)

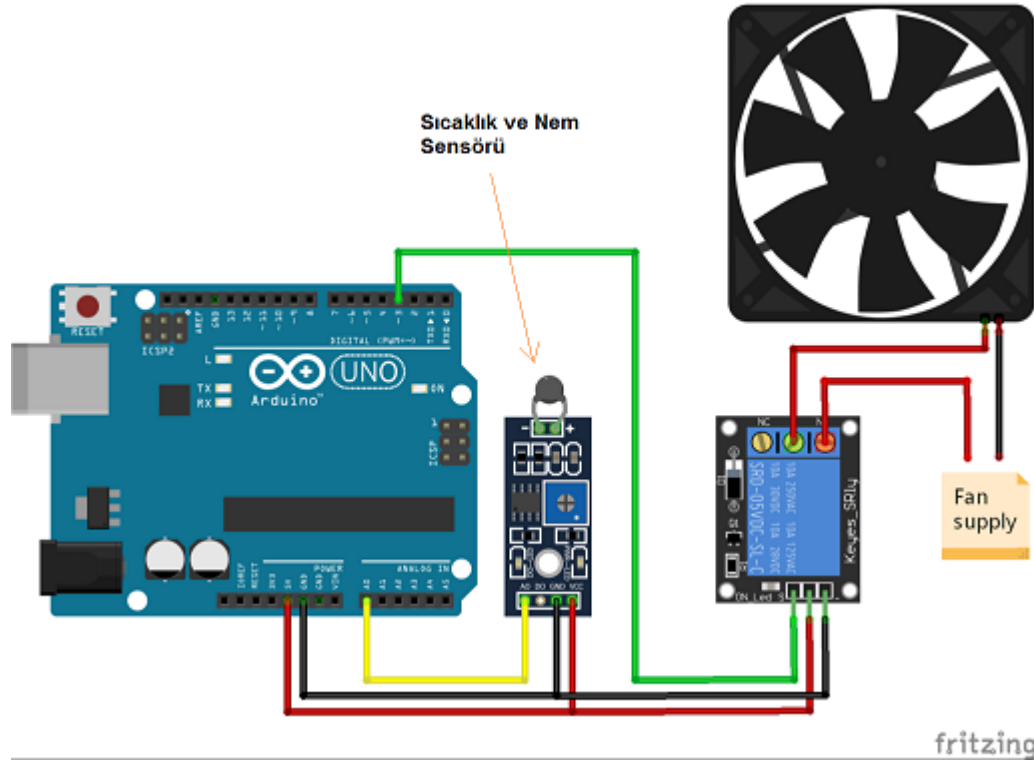
Durulaştırmada genellikle ağırlık merkezi yöntemi kullanılır.

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \mu(x_i)}{\sum_i \mu(x_i)}$$

Buradaki  $\bar{x}$ , üyelik dereceleri dikkate alınarak belirlenmiş, ağırlıklı ortalamadır.

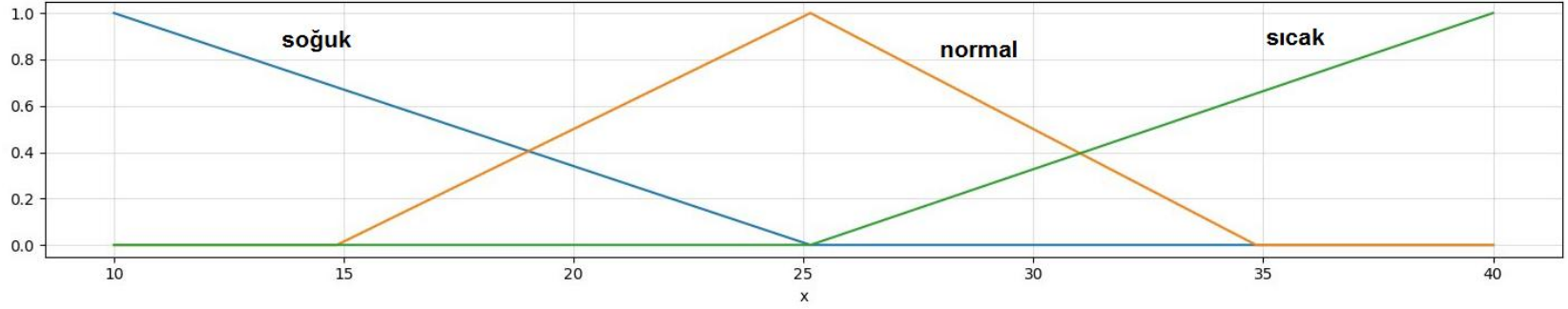


# Örnek 3: Fan hız kontrolü

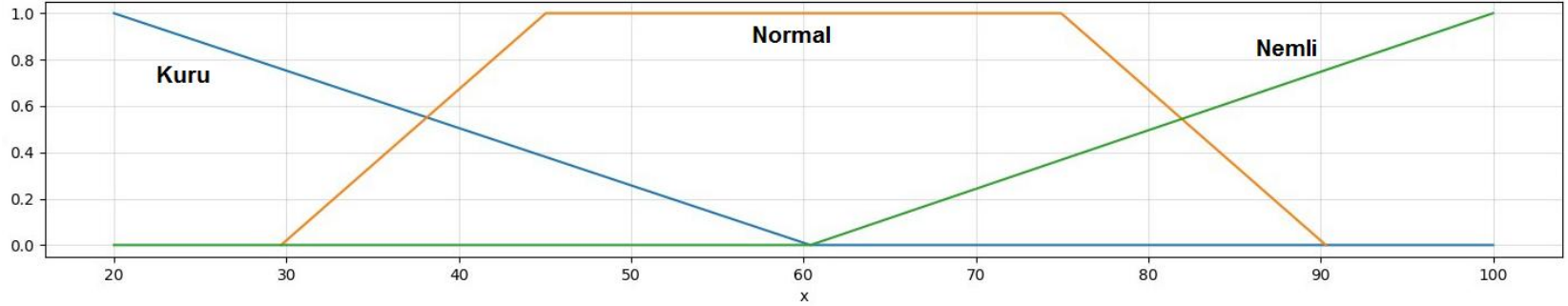


# Örnek 3: Fan hız kontrolü – üyelik fonksiyonları

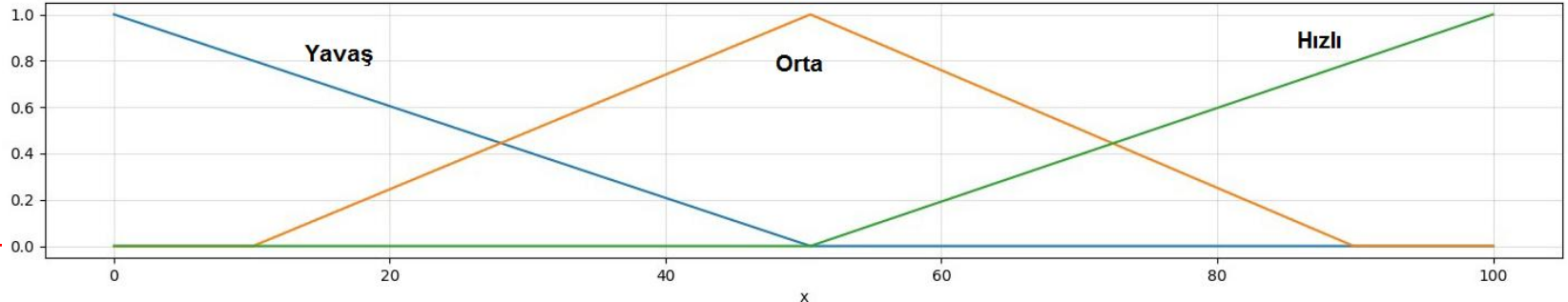
SICAKLIK



NEM



HIZ



## Örnek 3: Fan hız kontrolü için 9 kural

- |    |  |                        |
|----|--|------------------------|
| 1. | If Sıcaklık is Soğuk ve Nem is Kuru    | Then Fan Hızı is Yavaş |
| 2. | If Sıcaklık is Normal ve Nem is Kuru   | Then Fan Hızı is Yavaş |
| 3. | If Sıcaklık is Sıcak ve Nem is Kuru    | Then Fan Hızı is Orta  |
| 4. | If Sıcaklık is Soğuk ve Nem is Normal  | Then Fan Hızı is Orta  |
| 5. | If Sıcaklık is Normal ve Nem is Normal | Then Fan Hızı is Orta  |
| 6. | If Sıcaklık is Sıcak ve Nem is Normal  | Then Fan Hızı is Hızlı |
| 7. | If Sıcaklık is Soğuk ve Nem is Nemli   | Then Fan Hızı is Orta  |
| 8. | If Sıcaklık is Normal ve Nem is Nemli  | Then Fan Hızı is Hızlı |
| 9. | If Sıcaklık is Sıcak ve Nem is Nemli   | Then Fan Hızı is Hızlı |



## Örnek 3: Fan hız kontrolü için 9 kural (matris biçimi)

Sıcaklık	Nem	Fan hızı
S: Soğuk	K: Kuru	Y: Yavaş
N: Normal	N: Normal	O: Orta
C: Sıcak	L: Nemli	H: Hızlı

	K	N	L
S	Y	O	O
N	Y	O	H
C	O	H	H

## Örnek 3: Fan hız kontrolü – hesap

Sıcaklık = 30 derece ve Nem = %50 olsun. Buna göre üyelik dereceleri:

**Sıcaklık:**

$$\mu_S(30) = 0.0$$

$$\mu_N(30) = 0.5$$

$$\mu_C(30) = 0.3$$

**Nem**

$$\mu_K(50) = 0.3$$

$$\mu_N(50) = 1.0$$

$$\mu_L(50) = 0.0$$

**Fan hızı**

?

1.  $\min(\mu_S(30), \mu_K(50)) = \min(0.0, 0.3) = 0.0$  (katkı yok)

2.  $\min(\mu_N(30), \mu_K(50)) = \min(0.5, 0.3) = 0.3$

3.  $\min(\mu_C(30), \mu_K(50)) = \min(0.3, 0.3) = 0.3$

4.  $\min(\mu_S(30), \mu_N(50)) = \min(0.0, 1.0) = 0.0$  (katkı yok)

5.  $\min(\mu_N(30), \mu_N(50)) = \min(0.5, 1.0) = 0.5$

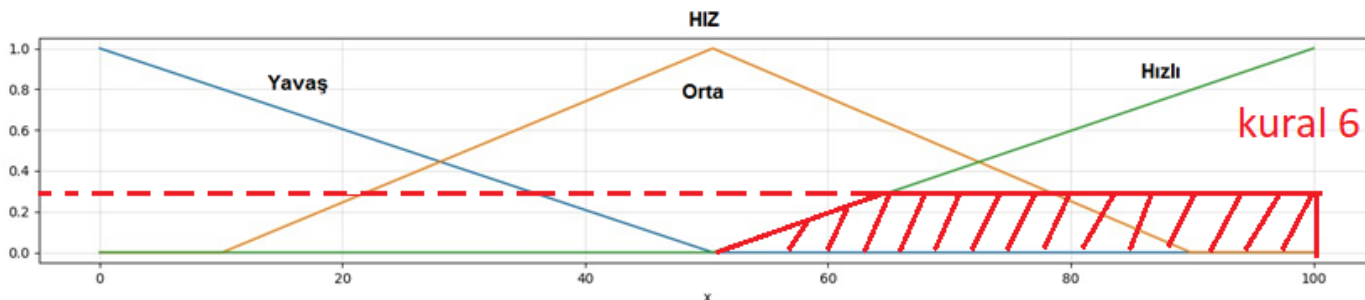
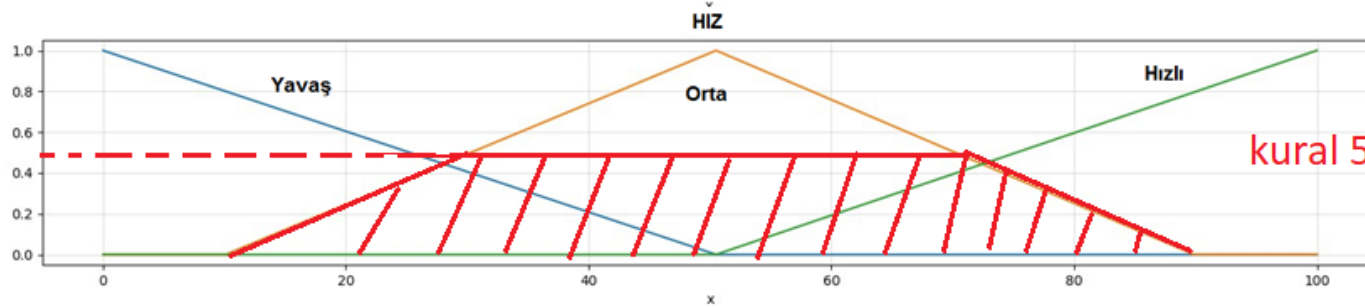
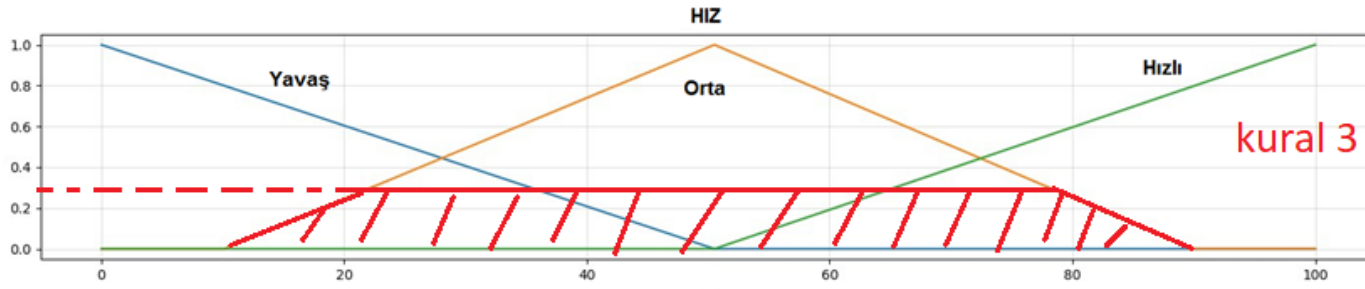
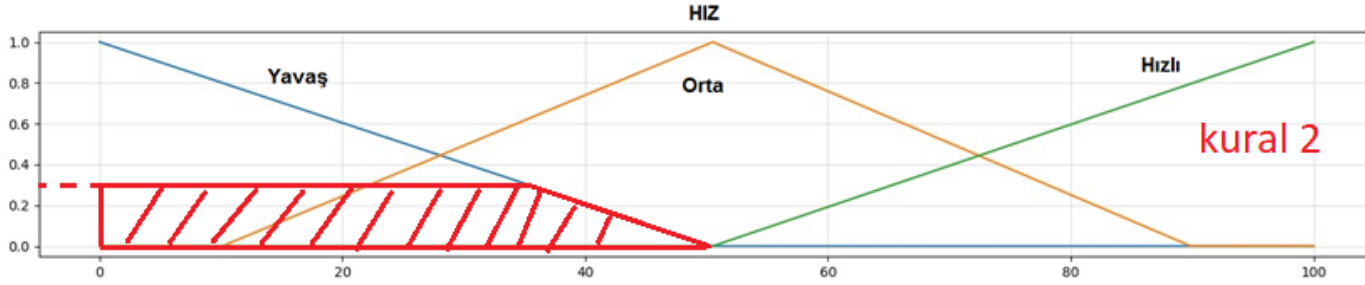
6.  $\min(\mu_C(30), \mu_N(50)) = \min(0.3, 1.0) = 0.3$

7.  $\min(\mu_S(30), \mu_L(50)) = \min(0.0, 0.0) = 0.0$  (katkı yok)

8.  $\min(\mu_N(30), \mu_L(50)) = \min(0.5, 0.0) = 0.0$  (katkı yok)

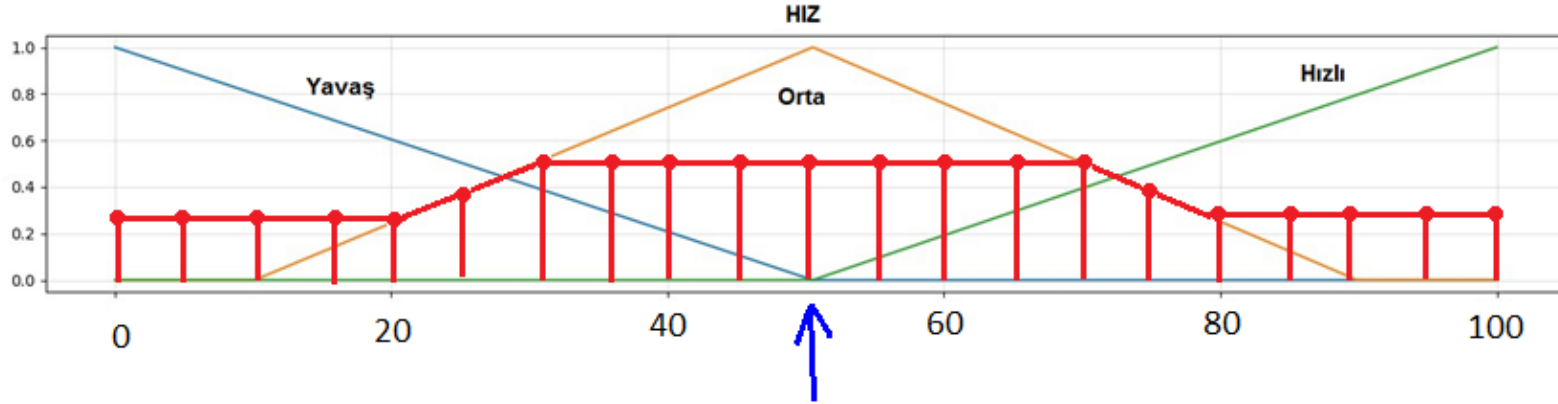
9.  $\min(\mu_C(30), \mu_L(50)) = \min(0.3, 0.0) = 0.0$  (katkı yok)

	K	N	L
S	Y	O	O
N	Y	O	H
C	O	H	H



# Örnek 3: Fan hız kontrolü – durlaştırma

Çıkış kümelerinin birleşiminin kümesini oluştur.



ağırlık merkezi = 50

Son kümeden örnekler al ve ağırlık merkezini hesapla:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{21} x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^{21} \mu(x_i)} = \frac{(0)(0.3) + (5)(0.3) + (10)(0.3) + (20)(0.3) + (25)(0.4) + \dots + (40)(0.5) + \dots + (100)(0.3)}{0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.4 + \dots + 0.5 + \dots + 0.3} = 50$$

**Sonuç Fan Hızı: 50 birim olmalı.**

## **3. Kısım**

# **MATLAB'da Bulanık Mantık Araç Kutusu**

# Bulanık Mantık Araç Kutusu

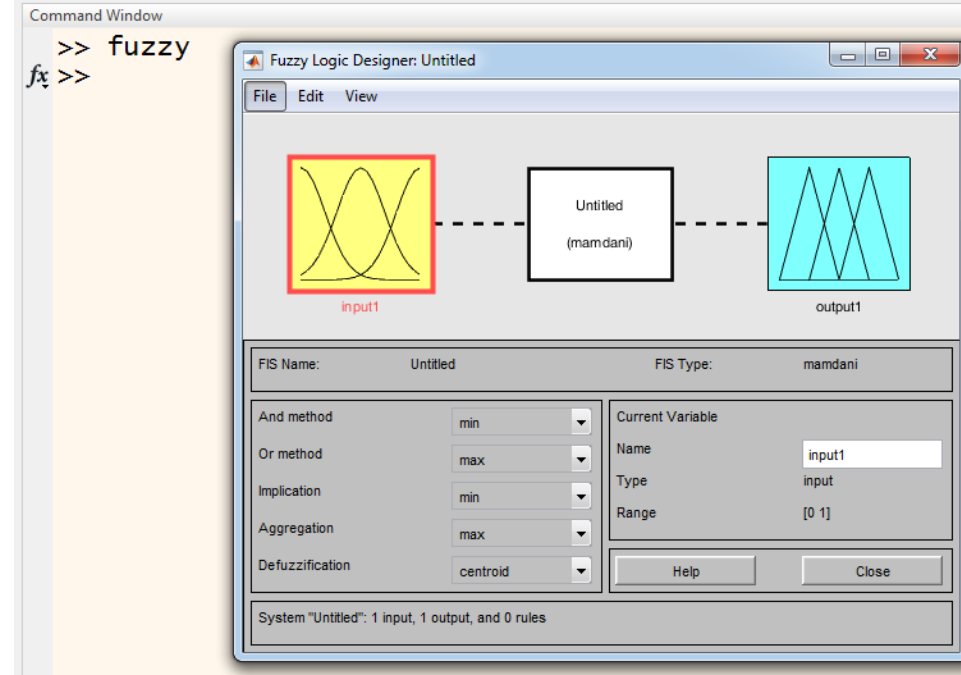
- Bir Bulanık Çıkarım Sistemi (Fuzzy Inference System, FIS)'nin oluşturulmasına ve düzenleme yapılmasına olanak verir.
- Bulanık Mantık Araç kutusunu başlatmak için komut penceresinde **fuzzy** yazmak yeterlidir.

iki tür FIS yapısı tanımlanabilir.

- Mamdani
- Sugeno

Daha fazla bilgi için:

<https://nl.mathworks.com/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html>



# Örnek 4: Bahşış

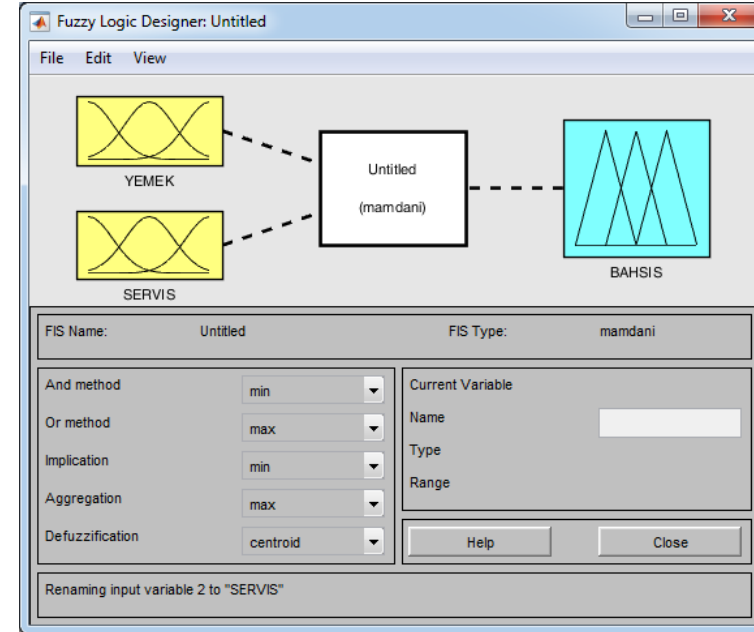
Bir lokantada yemek yediniz. Memnuniyetinize göre garsona bahşış vermeye karar verdiniz. Garsona verilecek doğru bahşışın miktarı nedir?

## Bahşış miktarını belirleyen iki girdi:

- Yemek kalitesi (zayıf, orta, mükemmel)
- Servis kalitesi (kötü, orta, iyi)

## Bir Çıktı

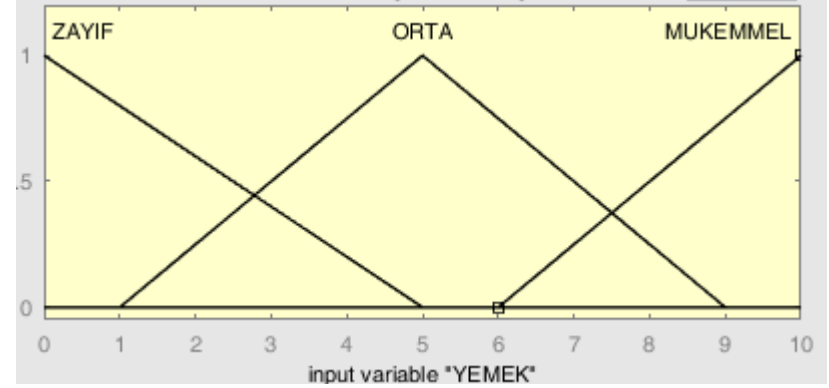
- Bahşış miktarı (az, orta, bol)



# Örnek 4: Bahşış – üyelik fonksiyonları

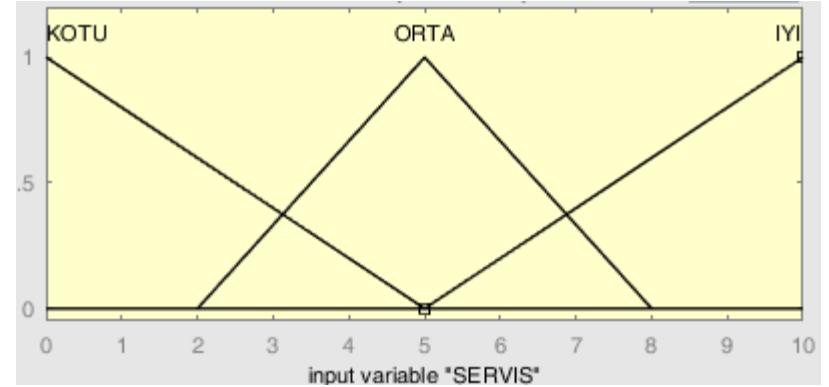
## YEMEK

[0 10] kapalı aralığında değerlendirilsin.



## SERVIS

[0 10] kapalı aralığında değerlendirilsin.

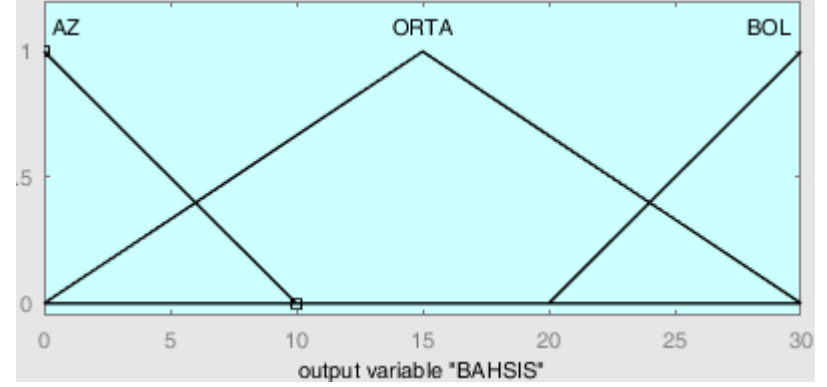




# Örnek 4: Bahşış – üyelik fonksiyonları

**BAHŞIŞ**

[0 30] kapalı aralığında değerlendirilsin.



# Örnek 4: Bahşış – kurallar

Eğer YEMEK zayıf ve SERVİS kötü ise BAHŞİŞ az  
Eğer YEMEK zayıf ve SERVİS orta ise BAHŞİŞ az  
Eğer YEMEK zayıf ve SERVİS iyi ise BAHŞİŞ orta

Eğer YEMEK orta ve SERVİS kötü ise BAHŞİŞ az  
Eğer YEMEK orta ve SERVİS orta ise BAHŞİŞ orta  
Eğer YEMEK orta ve SERVİS iyi ise BAHŞİŞ orta

Eğer YEMEK mükemmel ve SERVİS kötü ise BAHŞİŞ orta  
Eğer YEMEK mükemmel ve SERVİS orta ise BAHŞİŞ bol  
Eğer YEMEK mükemmel ve SERVİS iyi ise BAHŞİŞ bol

# Örnek 4: Bahşış – kurallar

```
IF YEMEK zayıf ve SERVİS kötü THEN BAHŞİŞ az
IF YEMEK zayıf ve SERVİS orta THEN BAHŞİŞ az
IF YEMEK zayıf ve SERVİS iyi THEN BAHŞİŞ orta

IF YEMEK orta ve SERVİS kötü THEN BAHŞİŞ az
IF YEMEK orta ve SERVİS orta THEN BAHŞİŞ orta
IF YEMEK orta ve SERVİS iyi THEN BAHŞİŞ orta

IF YEMEK mükemmel ve SERVİS kötü THEN BAHŞİŞ orta
IF YEMEK mükemmel ve SERVİS orta THEN BAHŞİŞ bol
IF YEMEK mükemmel ve SERVİS iyi THEN BAHŞİŞ bol
```

# Örnek 4: Bahşış – kurallar

	SERVİS		
<u>YEMEK</u>	Kötü	Orta	İyi
Zayıf	<b>az</b>	<b>az</b>	<b>orta</b>
Orta	<b>az</b>	<b>orta</b>	<b>orta</b>
Mükemmel	<b>orta</b>	<b>bol</b>	<b>bol</b>

# Örnek 4: Bahşış – kurallar

Kuralların FIS'e aktarılması için Edit -> Rules

Fuzzy Logic Designer: Untitled

File Edit View

- Undo Ctrl+Z
- Add Variable...
- Remove Selected Variable Ctrl+X
- Membership Functions... Ctrl+2
- Rules... Ctrl+3

SERVIS

BAHSIS

FIS Name: Untitled FIS Type: mamdani

And method: min

Or method: max

Implication: min

Aggregation: max

Defuzzification: centroid

Current Variable

Name: YEMEK

Type: input

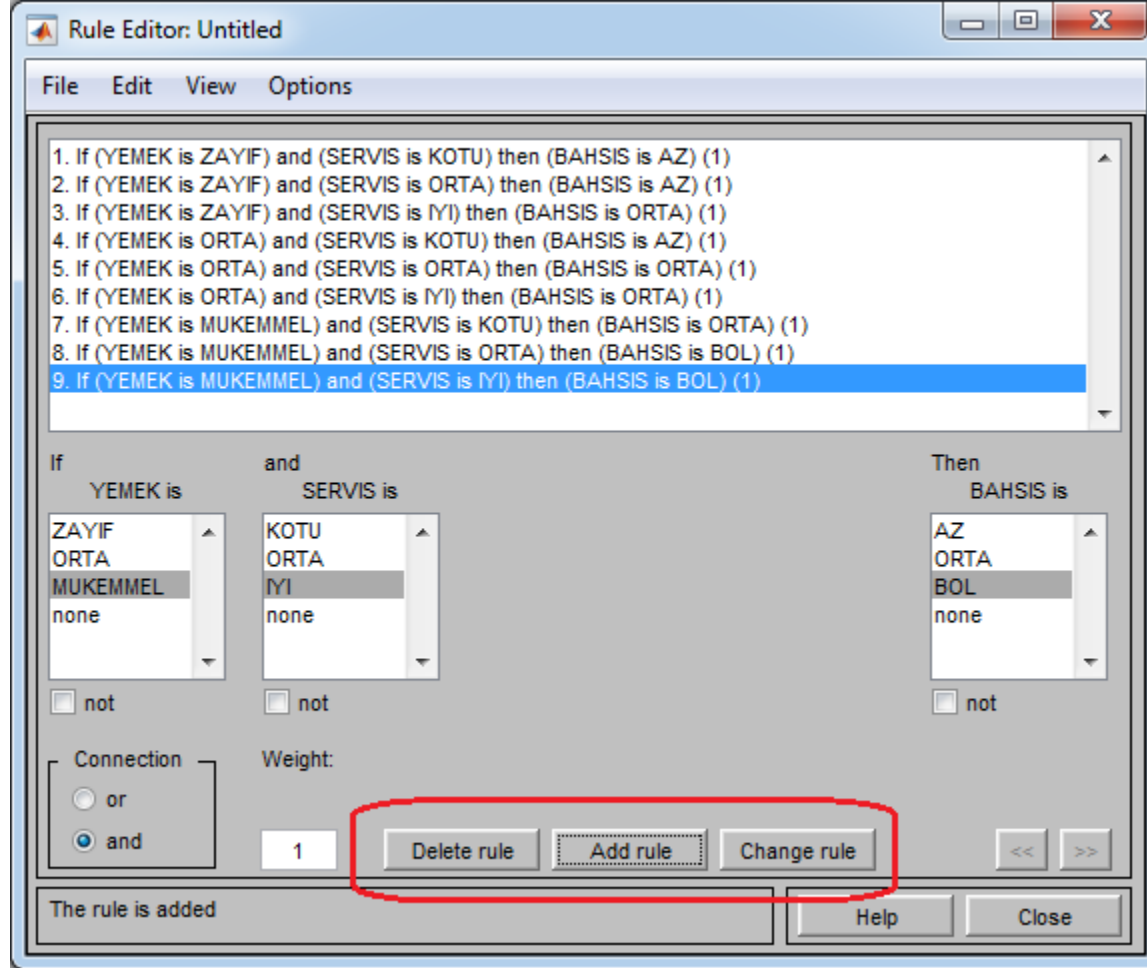
Range: [0 1]

Help Close

Ready

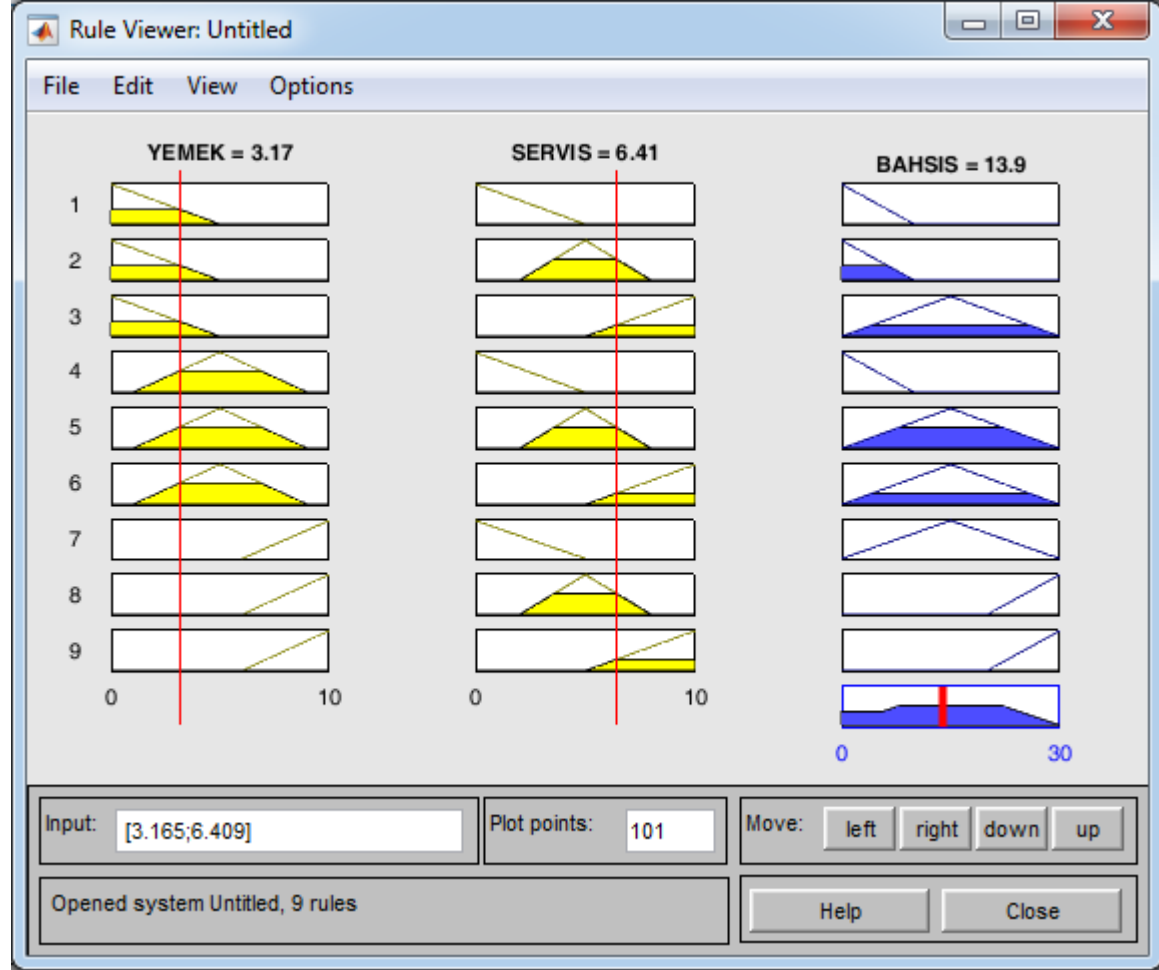
# Örnek 4: Bahşış – kurallar

“Rule Editor”de kurallar girilir.



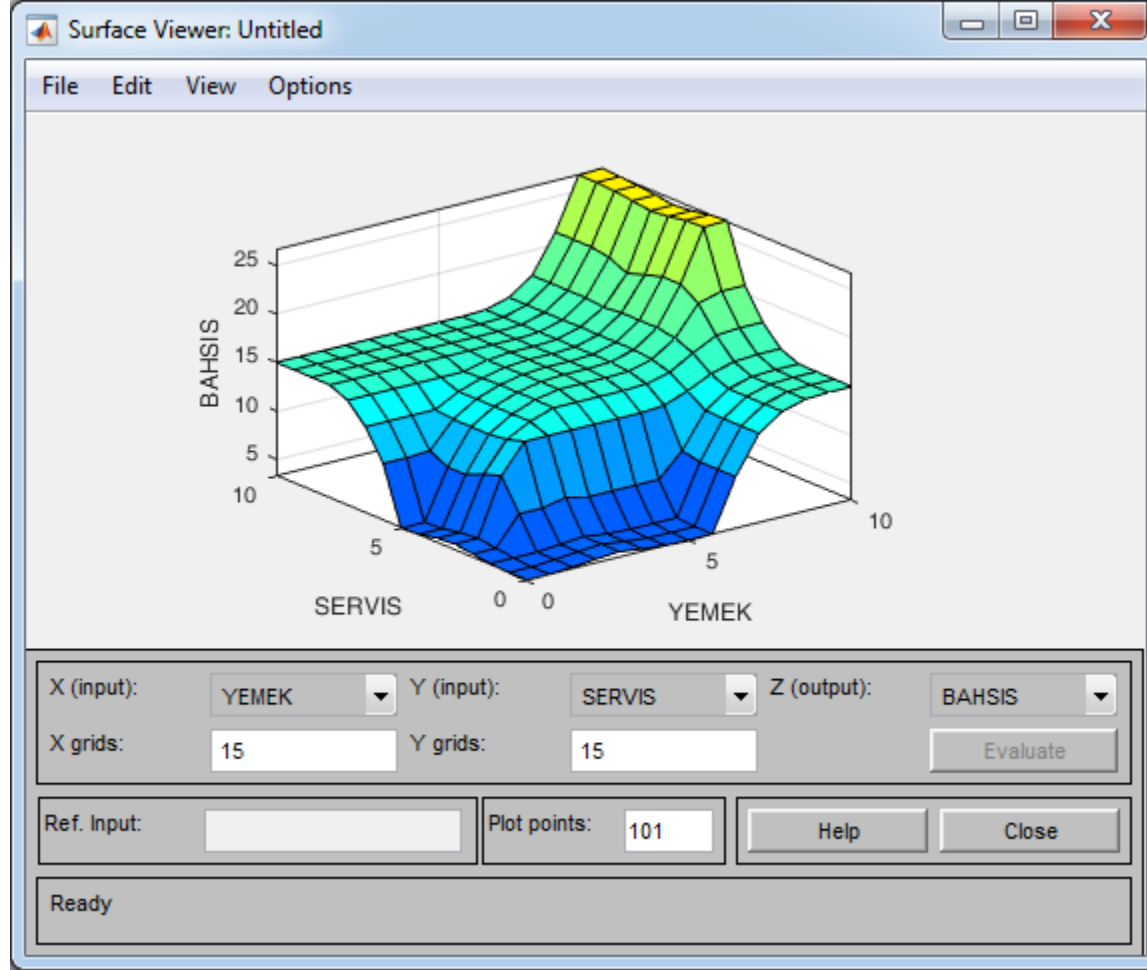
# Örnek 4: Bahşış – çıkarım

View menüsünden  
“Rules” komutu ile  
bütün kurallar işletilebilir.



# Örnek 4: Bahşış – çıktı yüzeyi

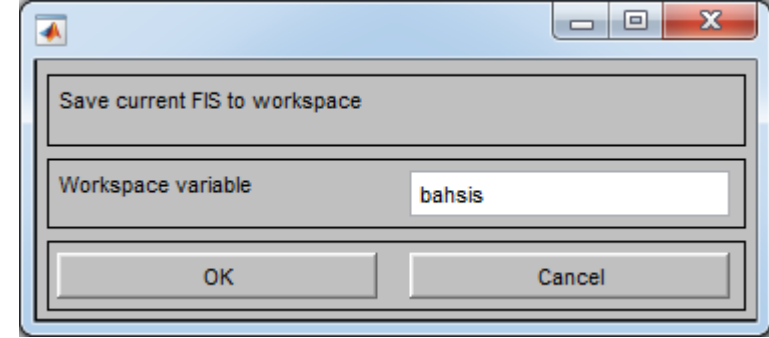
View menüsünden  
“Surfaces” komutu ile  
FIS’in çıktısına dair  
Grafik elde edilir.





# Örnek 4: Bahşış – sonuçlar

Burada elde edilen Fuzzy Sistemini, MATLAB komut satırında kullanmak için File -> Export komutu ile kaydedilmelidir.



Fuzzy değişkeninin adı belirlendikten sonra, OK düğmesi tıklanır. Komut satırında, `whos` komutu ile değişken bilgilerine erişilebilir.

```
>> whos
  Name      size      Bytes  Class      Attributes
  bahsis    1x1      11928  struct
```

Program pencereleri kapatılınca, çalışmayı `bahsis.fis` olarak saklanabilir. Bu sayede daha sonra, bu bulanık sistem kullanılabilir.

# Örnek 4: Bahşiş – komut satırında fis

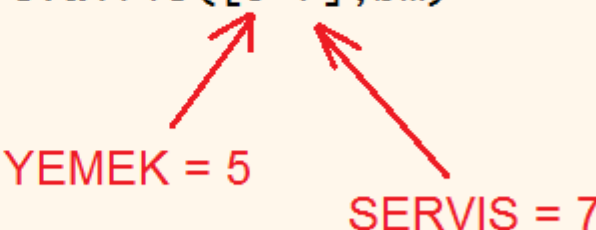
Saklı dosyalardaki fis sistemleri, komut satırına bir değişken olarak alınabilir ve sistemin çıktısı hesaplanabilir. Örneğin:

```
Command Window
>> bm = readfis('bahsis.fis');
>> plotfis(bm)
>> verilecek_bahsis = evalfis([5 7],bm)

verilecek_bahsis =

    15.0000

fx >>
```



YEMEK = 5

SERVIS = 7

**Not:** 3. satırdaki komut aşağıdaki gibi de çalıştırılabilir:

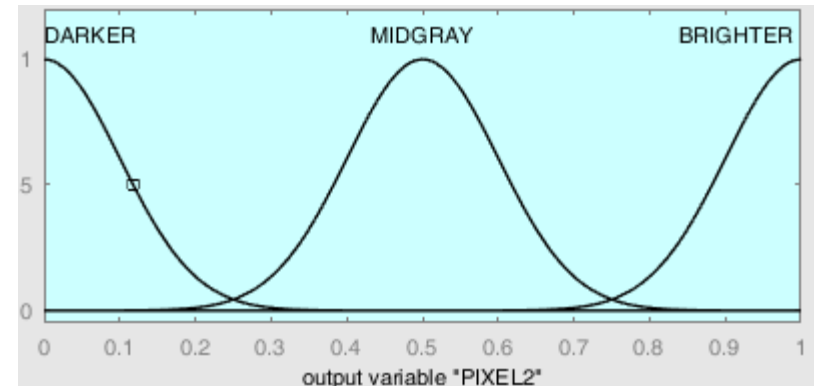
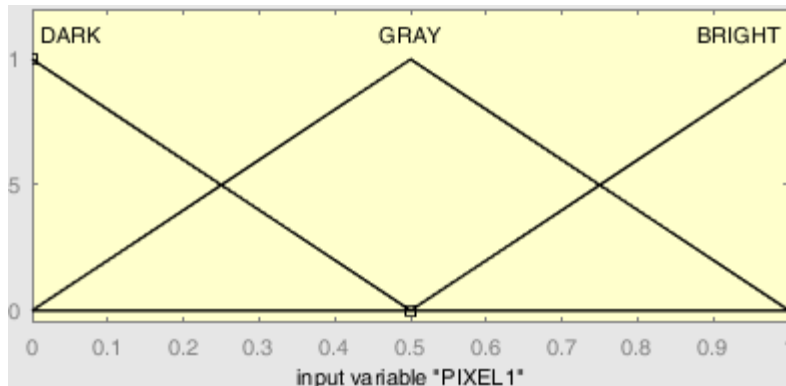
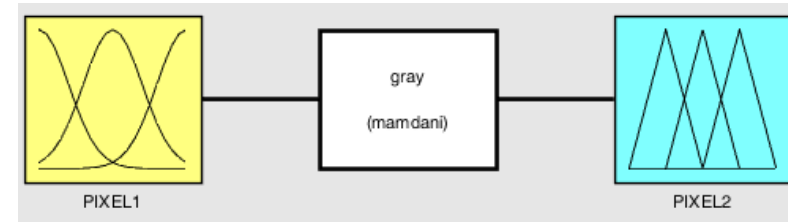
```
>> verilecek_bahsis = evalfis(bm, [5 7])
```

# 4. Kısım Uygulamalar

# U1. Görüntü İşleme (Contrast Enhancement)

Bulanık mantık kullanılarak, gri ölçekli (gray-scale) bir görüntünün kalitesini iyileştirmek mümkündür. Şu kurallar kullanılabilir.

- IF a pixel is **dark**, THEN make it **darker**
- IF a pixel is **gray**, THEN make it **gray**
- IF a pixel is **bright**, THEN make it **brighter**



Kurallar girildikten sonra, çalışma **gray.fis** olarak kaydedilsin.

Rule Editor: gray

File Edit View Options

1. If (PIXEL1 is DARK) then (PIXEL2 is DARKER) (1)
2. If (PIXEL1 is GRAY) then (PIXEL2 is MIDGRAY) (1)
3. If (PIXEL1 is BRIGHT) then (PIXEL2 is BRIGHTER) (1)

If PIXEL1 is

Then PIXEL2 is

DARK  
GRAY  
BRIGHT  
none

DARKER  
MIDGRAY  
BRIGHTER  
none

not  not

Connection Weight: 1

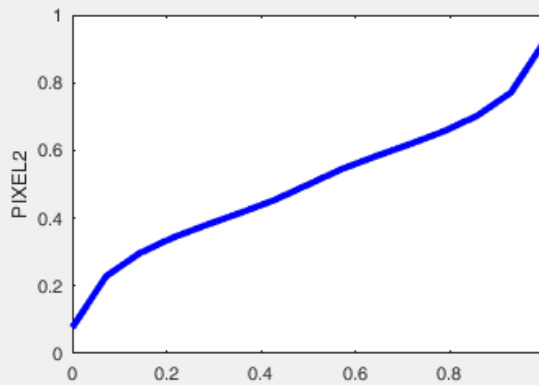
or  and

Delete rule Add rule Change rule << >>

FIS Name: gray Help Close

Surface Viewer: gray

File Edit View Options



PIXEL2

PIXEL1

X (input): PIXEL1 Y (input): - none - Z (output): PIXEL2

X grids: 15 Y grids: 15 Evaluate

Ref. Input: Plot points: 101 Help Close

Ready

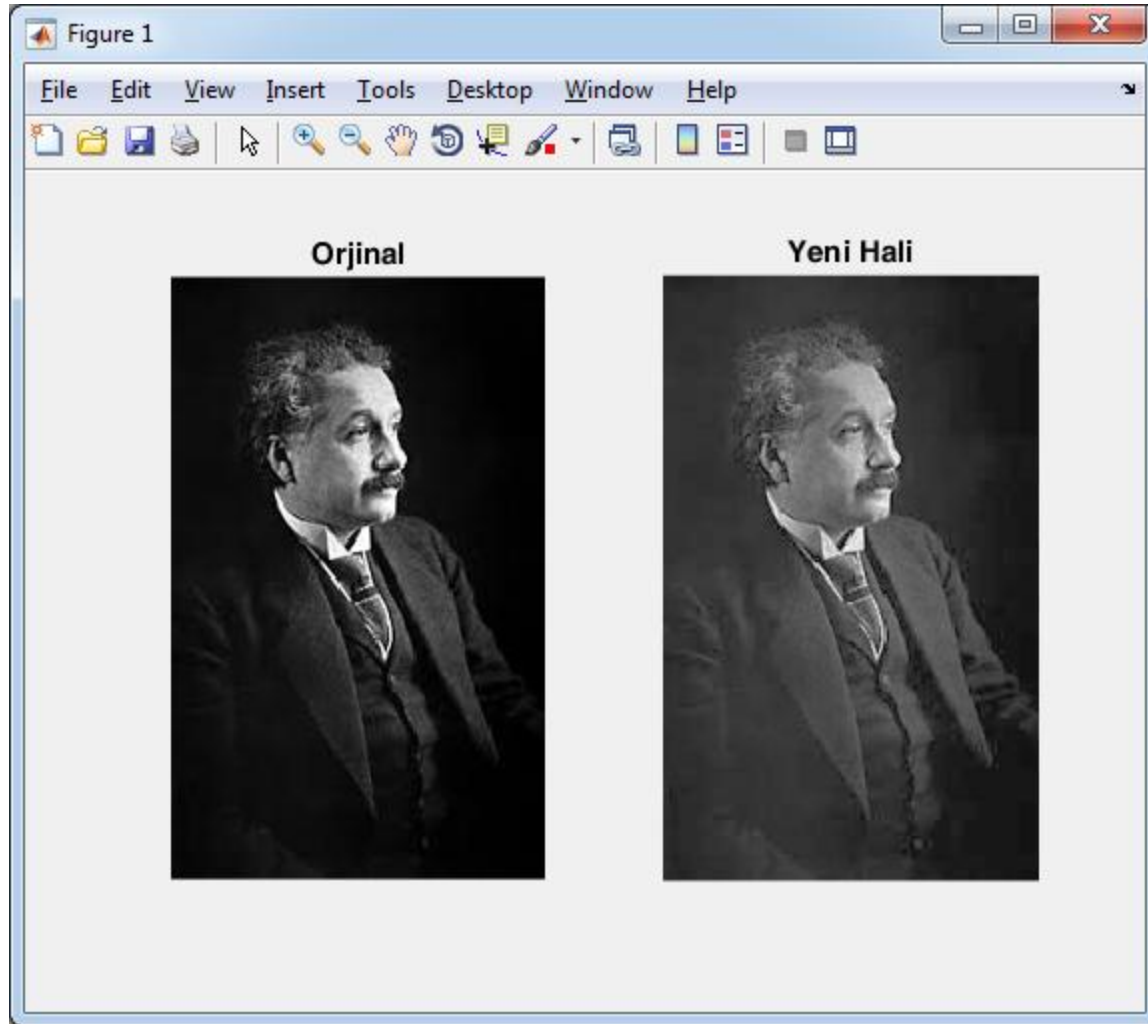
## Kodlama

```
clear;clc;
% fis dosyasını al
g = readfis('gray.fis');

% Görüntü işlemleri
A = imread('einstein.jpg'); % orjinal görüntü
B = rgb2gray(A); % gri skala [0,255]
C = im2double(B); % gri skala [0,1]
[satir sutun] = size(C);
D = zeros(satir, sutun);

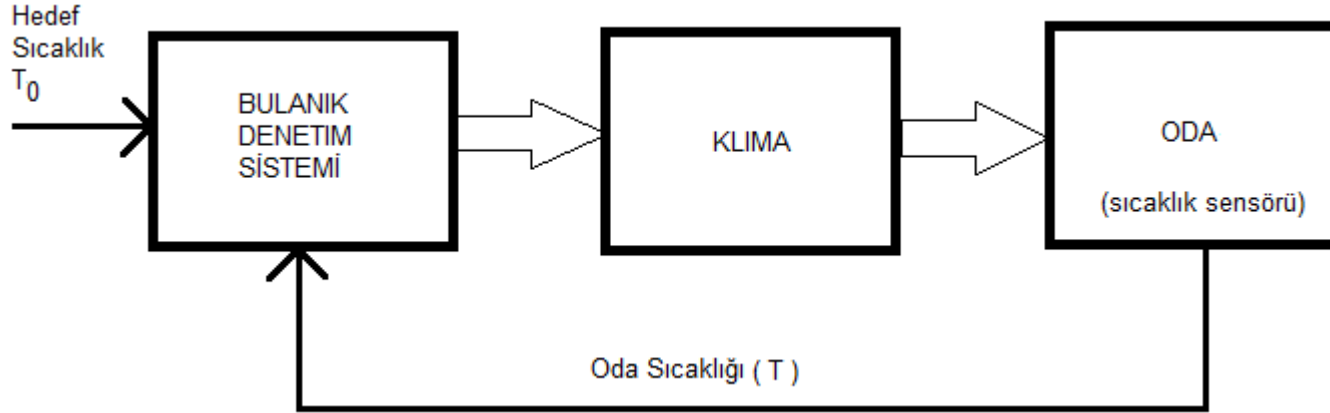
% Kuralları döngü içinde bütün pixellere uygula
for i=1:satir
    D(i,:) = evalfis(C(i,:),g);
End

% Sonuçları göster
subplot(1,2,1); imshow(C); title('Orjinal')
subplot(1,2,2); imshow(D); title('Yeni Hali')
```



## U2. Sıcaklık Kontrolü

Bulanık mantık kullanılarak, bir odanın sıcaklığını sabit bir değerde tutan bir kontrol sistemi tasarlanabilir.



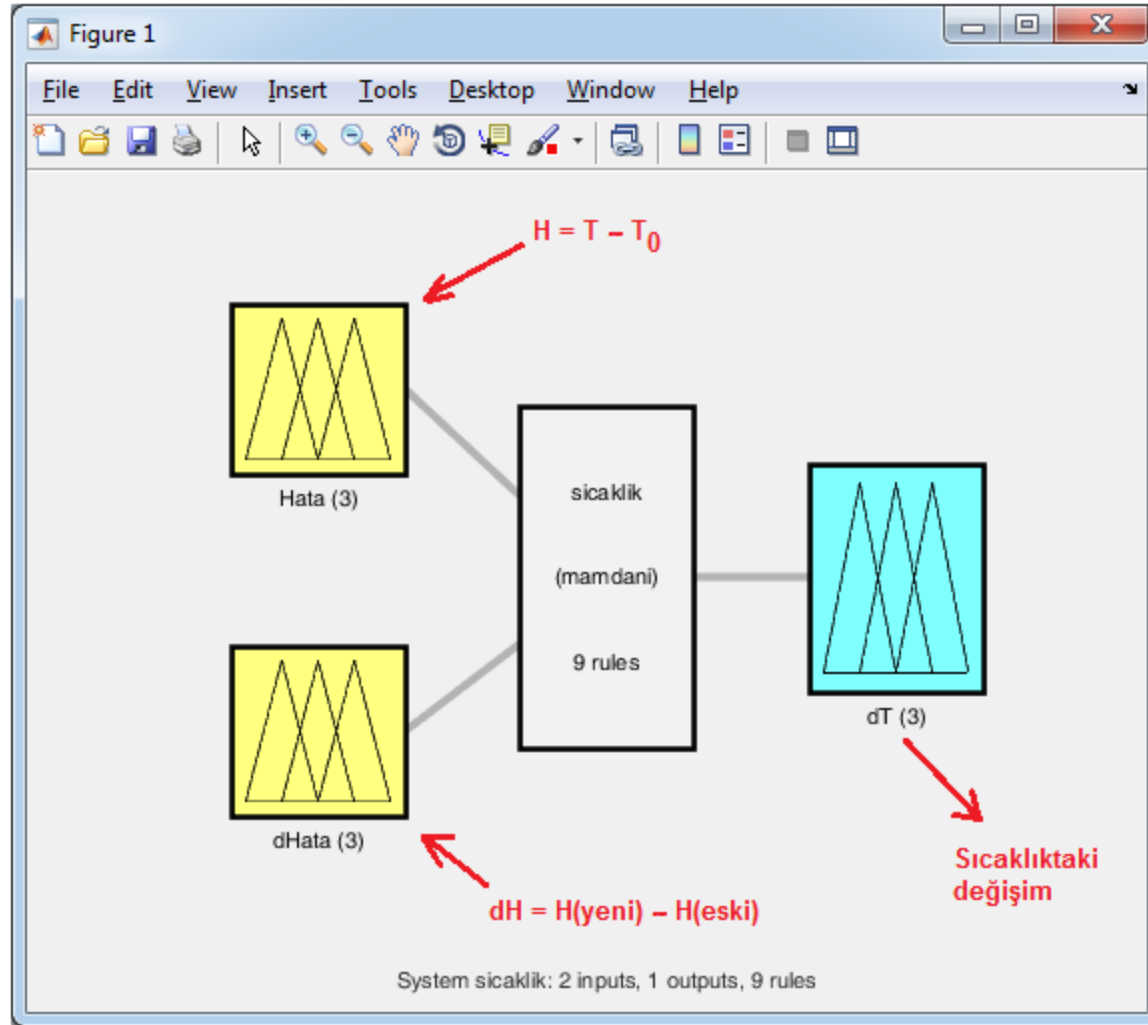
Uygulamada, sisteme giriş olarak verilen parametrenin (T) hatası H, ve bu hatanın değişimi dH olsun. Buna göre

$$H = T - T_0 \quad \Rightarrow \quad H(k) = T(k) - T_0. \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

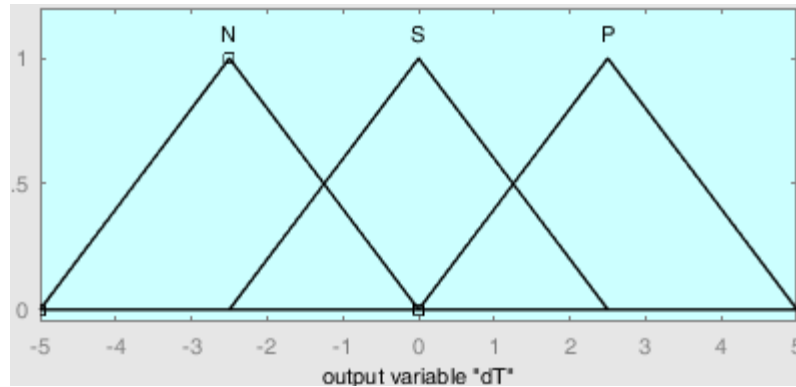
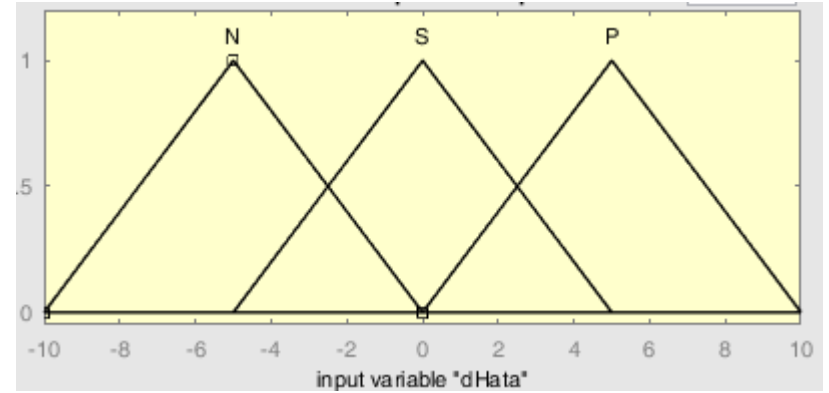
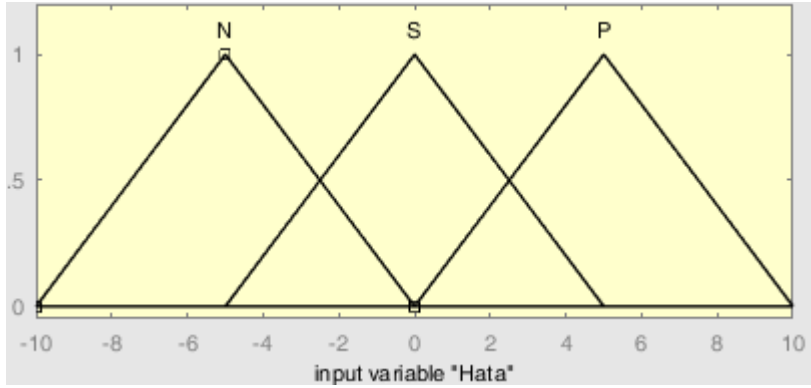
$$dH = H(\text{yeni}) - H(\text{eski}) \Rightarrow dH(k) = H(k) - H(k-1)$$



# Tasarım:



# Üyelik Fonksiyonları (N=Negatif, S=Sıfır, P=Pozitif)



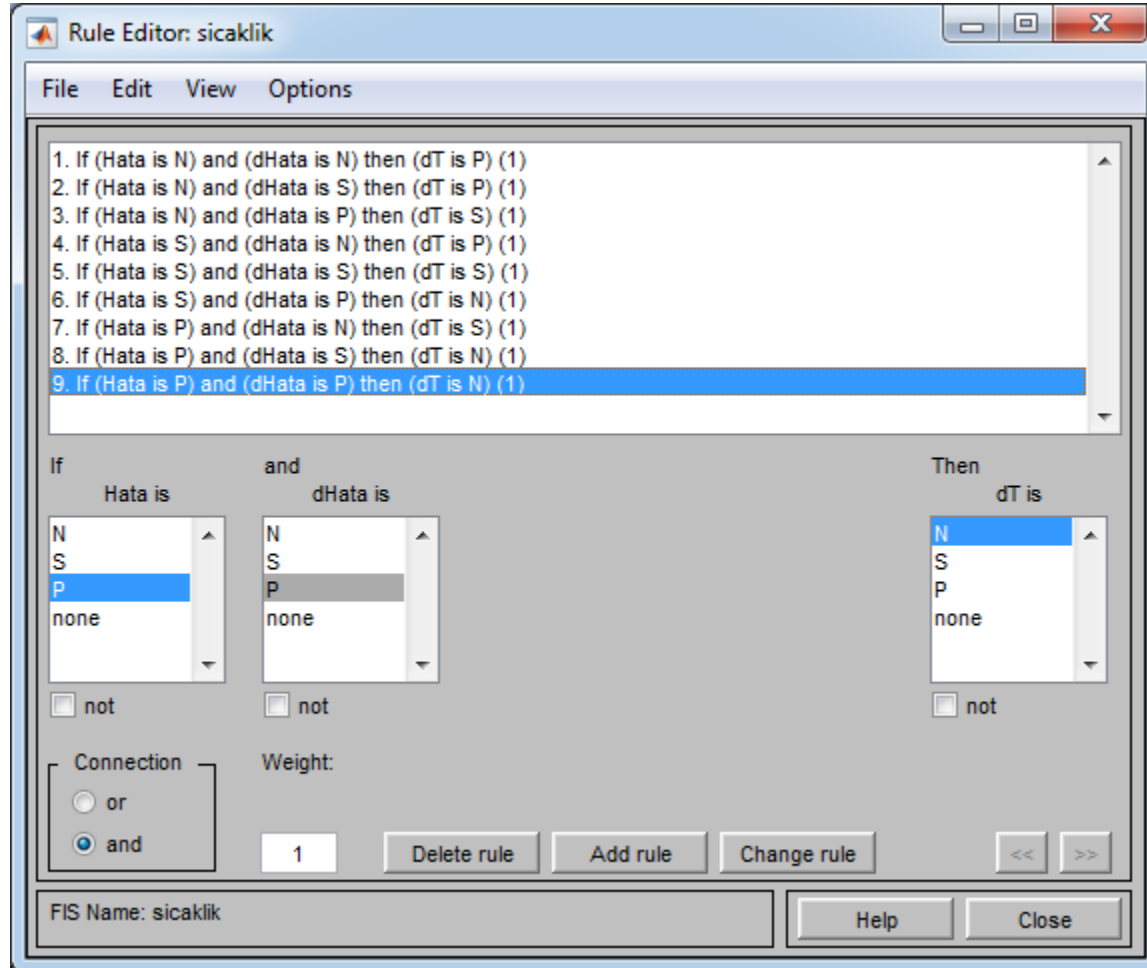
# Kurallar:

Hata = { N, S, P}

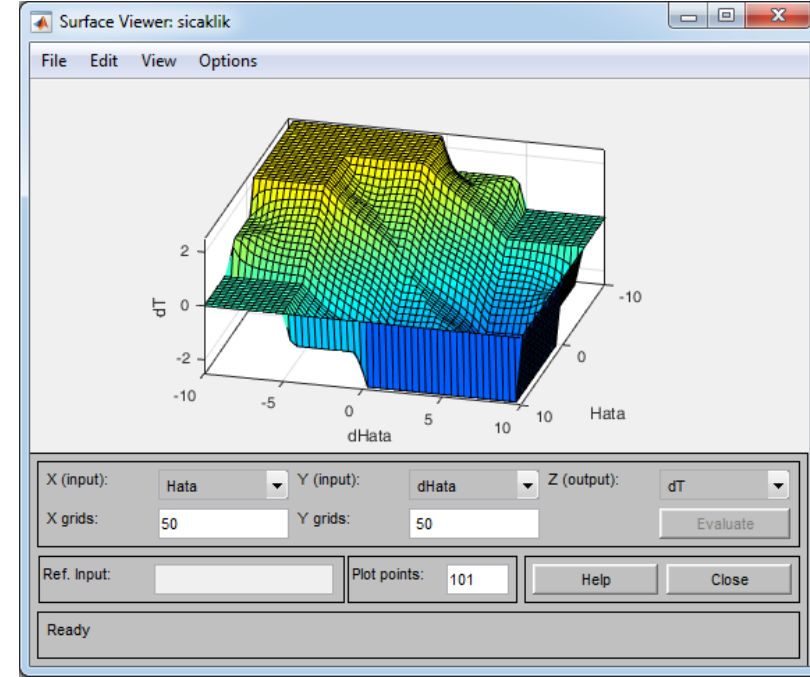
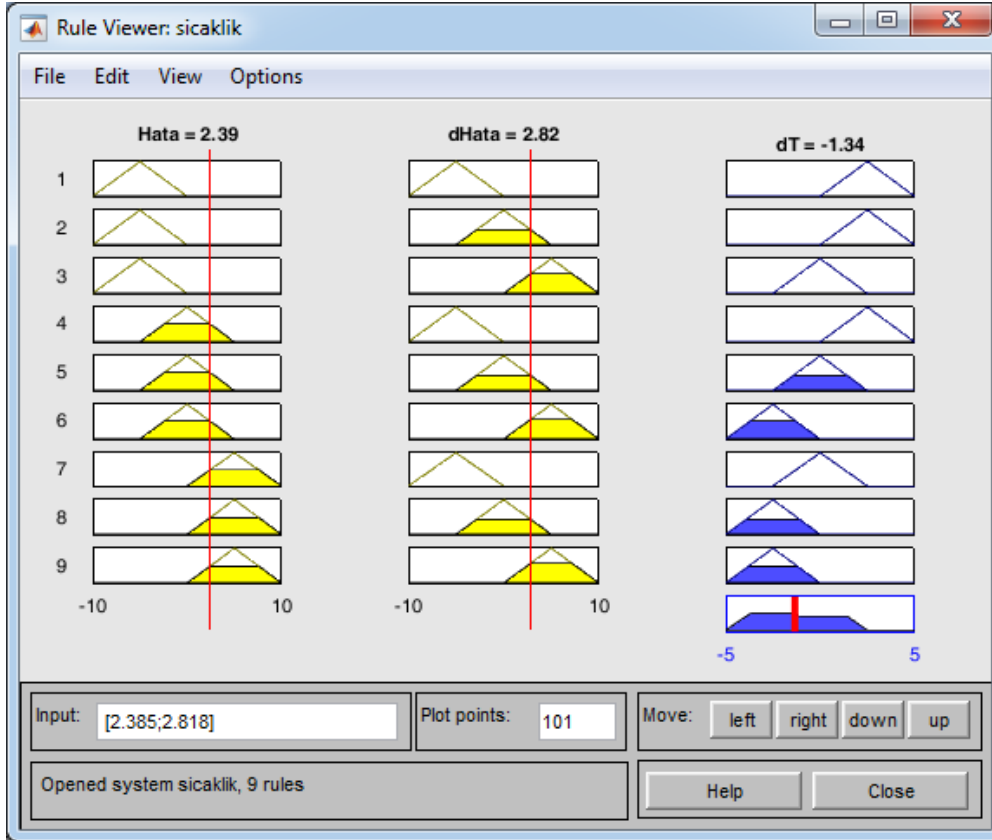
dHata = {N, S, P}

dT = {N, S, P}

	N	S	P
N	P	P	S
S	P	S	N
P	S	N	N



# Sonuç:



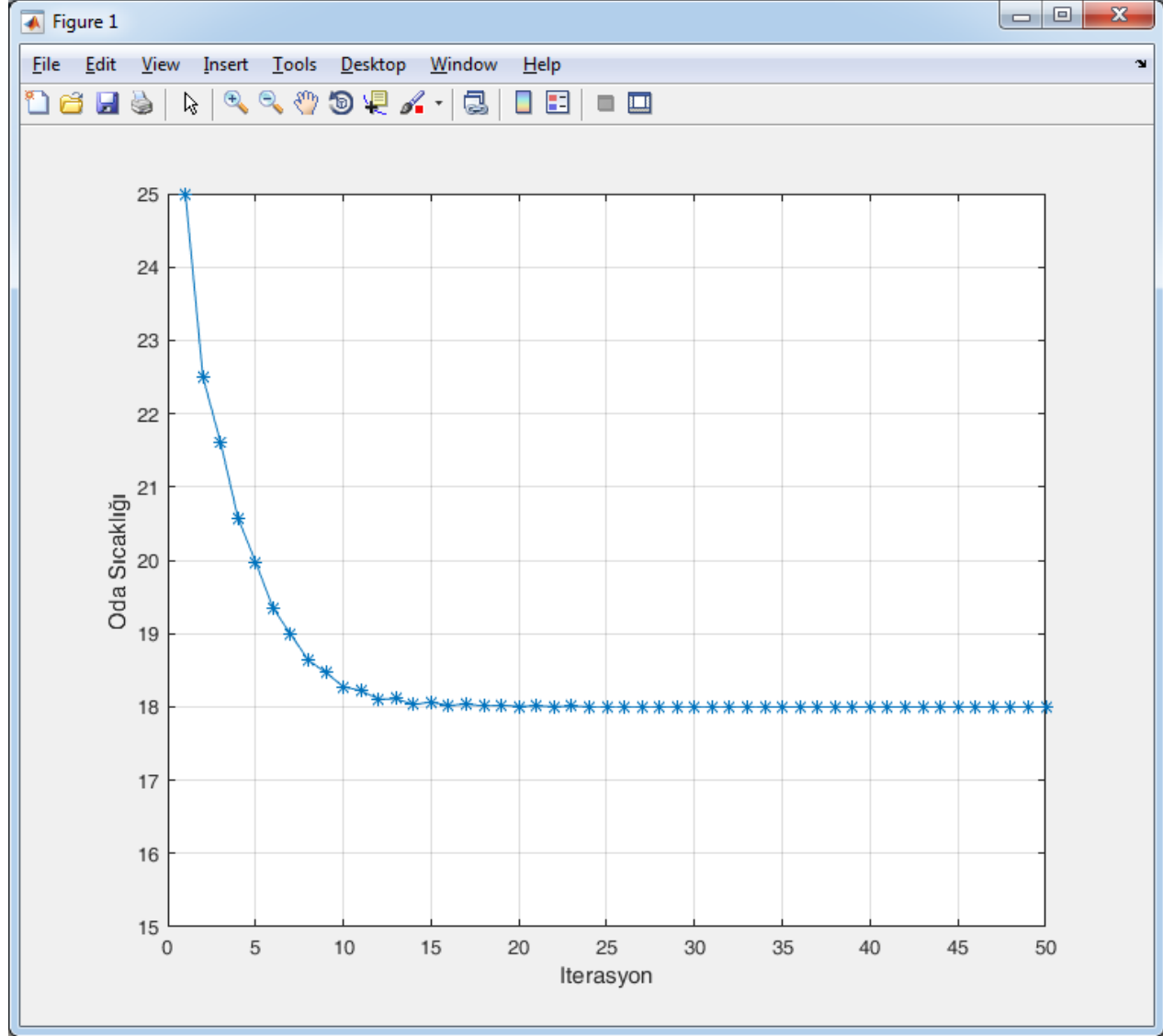
## Kodlama:

### 1. YOL

```
clear; clc;
S = readfis('sicaklik.fis');
plotfis(S)

T0 = 18;           % hedef sicaklik
T  = 25;           % oda sicakligi
dH = 0;           % hata degisimi
H  = T - T0;      % hata

for i=1:50
    H1 = H;        % eski hata
    dT = evalfis([H dH],S); % Hesapla
    t(i)= T;       % mevcut sicakligi sakla
    T  = T + dT;   % yeni oda sicakligi
    H  = T - T0;   % yeni hata
    dH = H - H1;   % hata degisimi
end
figure, plot(t, '*-')
```



İleri

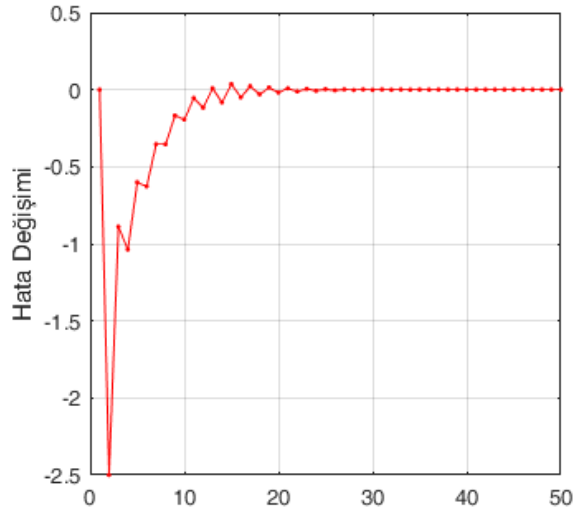
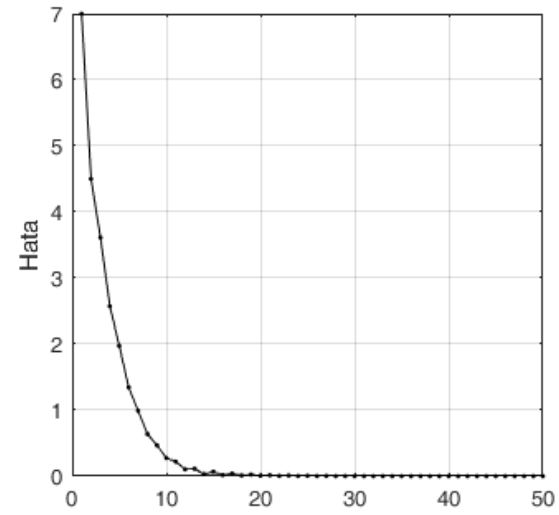
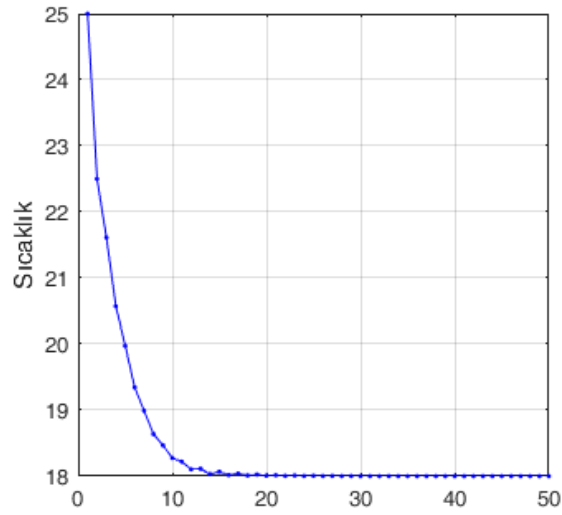
Kodlama:

2. YOL

```
clear; clc;
S = readfis('sicaklik.fis');
plotfis(S)

T0    = 18;           % hedef sicaklik
T(1)  = 25;           % oda sicakligi
dH(1) = 0;           % hata degisimi
H(1)  = T(1) - T0;   % hata

for k = 2:50
    dT    = evalfis([H(k-1) dH(k-1)], S); % Hesapla
    T(k)  = T(k-1) + dT;           % yeni oda sicakligi
    H(k)  = T(k) - T0;           % yeni hata
    dH(k) = H(k) - H(k-1);       % hata degisimi
end
subplot(2,2,1); plot(T, '.b-'); ylabel('Sıcaklık');
subplot(2,2,2); plot(H, '.k-'); ylabel('Hata');
subplot(2,2,3); plot(dH, '.r-'); ylabel('dHata');
```





## **U3. Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi**

Aşağıdaki linkte ayrıntılar bulunabilir:

[http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/ai/Fuzzy\\_BulasikMak.pdf](http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/ai/Fuzzy_BulasikMak.pdf)

## U4. Su kalite indisi

Aşağıdaki linkte ayrıntılar bulunabilir:

[http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/ai/Fuzzy\\_WaterQuality.pdf](http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/ai/Fuzzy_WaterQuality.pdf)

# ÖZET

## **Fuzzy logic algorithm**

1. Define the linguistic variables and terms (initialization)
2. Construct the membership functions (initialization)
3. Construct the rule base (initialization)
4. Convert crisp input data to fuzzy values using the membership functions (fuzzification)
5. Evaluate the rules in the rule base (inference)
6. Combine the results of each rule (inference)
7. Convert the output data to non-fuzzy values (defuzzification)

# Kaynaklar

<https://www.guru99.com/what-is-fuzzy-logic.html>

[http://cs.bilkent.edu.tr/~zeynep/files/short\\_fuzzy\\_logic\\_tutorial.pdf](http://cs.bilkent.edu.tr/~zeynep/files/short_fuzzy_logic_tutorial.pdf)

<https://www.massey.ac.nz/~nhreyes/MASSEY/159741/Lectures/Lec2012-3-159741-FuzzyLogic-v.2.pdf>

<https://towardsdatascience.com/a-very-brief-introduction-to-fuzzy-logic-and-fuzzy-systems-d68d14b3a3b8>

<https://nl.mathworks.com/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html>

[https://www.rpi.edu/dept/ecse/mps/Fuzzy\\_Logic.pdf](https://www.rpi.edu/dept/ecse/mps/Fuzzy_Logic.pdf)

# Yedek Yansılar

## Örnek 1 – üyelik derecesi cinsinden çözüm

Aşağıdaki kümeler verilsin:

$$A = \{1, 2, 3, 4\}, B = \{3, 4, 5, 6\} \text{ ve } U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \dots\}$$

$$\mu_{A \cup B}(1) = \max(\mu_A(1), \mu_B(1)) = \max(1, 0) = 1$$

$$\mu_{A \cup B}(2) = \max(\mu_A(2), \mu_B(2)) = \max(1, 0) = 1$$

$$\mu_{A \cup B}(3) = \max(\mu_A(3), \mu_B(3)) = \max(1, 1) = 1$$

$$\mu_{A \cup B}(4) = \max(\mu_A(4), \mu_B(4)) = \max(1, 1) = 1$$

$$\mu_{A \cup B}(5) = \max(\mu_A(5), \mu_B(5)) = \max(0, 1) = 1$$

$$\mu_{A \cup B}(6) = \max(\mu_A(6), \mu_B(6)) = \max(0, 1) = 1$$

$$\mu_{A \cup B}(7) = \max(\mu_A(7), \mu_B(7)) = \max(0, 0) = 0$$

$$A \cup B = \left\{ \frac{1}{1}, \frac{2}{1}, \frac{3}{1}, \frac{4}{1}, \frac{5}{1}, \frac{6}{1}, \frac{7}{0}, \dots \right\} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

## Örnek 1 – üyelik derecesi cinsinden çözüm

Aşağıdaki kümeler verilsin:

$$A = \{1, 2, 3, 4\}, \quad B = \{3, 4, 5, 6\} \quad \text{ve} \quad U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \dots\}$$

$$\mu_{A \cap B}(1) = \min(\mu_A(1), \mu_B(1)) = \min(1, 0) = 0$$

$$\mu_{A \cap B}(2) = \min(\mu_A(2), \mu_B(2)) = \min(1, 0) = 0$$

$$\mu_{A \cap B}(3) = \min(\mu_A(3), \mu_B(3)) = \min(1, 1) = 1$$

$$\mu_{A \cap B}(4) = \min(\mu_A(4), \mu_B(4)) = \min(1, 1) = 1$$

$$\mu_{A \cap B}(5) = \min(\mu_A(5), \mu_B(5)) = \min(0, 1) = 0$$

$$\mu_{A \cap B}(6) = \min(\mu_A(6), \mu_B(6)) = \min(0, 1) = 0$$

$$\mu_{A \cap B}(7) = \min(\mu_A(7), \mu_B(7)) = \min(0, 0) = 0$$

$$A \cap B = \left\{ \frac{1}{0}, \frac{2}{0}, \frac{3}{1}, \frac{4}{1}, \frac{5}{0}, \frac{6}{0}, \frac{7}{0}, \dots \right\} = \{3, 4\}$$

## Örnek 1 – üyelik derecesi cinsinden çözüm

Aşağıdaki kümeler verilsin:

$$A = \{1, 2, 3, 4\}, \quad B = \{3, 4, 5, 6\} \quad \text{ve} \quad U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \dots\}$$

$$A = \left\{ \frac{1}{1}, \frac{2}{1}, \frac{3}{1}, \frac{4}{1}, \frac{5}{0}, \frac{6}{0}, \dots \right\} = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$\mu_{\bar{A}}(1) = 1 - \mu_A(1) = 1 - 1 = 0$$

$$\mu_{\bar{A}}(2) = 1 - \mu_A(2) = 1 - 1 = 0$$

$$\mu_{\bar{A}}(3) = 1 - \mu_A(3) = 1 - 1 = 0$$

$$\mu_{\bar{A}}(4) = 1 - \mu_A(4) = 1 - 1 = 0$$

$$\mu_{\bar{A}}(5) = 1 - \mu_A(5) = 1 - 0 = 1$$

$$\mu_{\bar{A}}(6) = 1 - \mu_A(6) = 1 - 0 = 1$$

$$\bar{A} = \left\{ \frac{1}{0}, \frac{2}{0}, \frac{3}{0}, \frac{4}{0}, \frac{5}{1}, \frac{6}{1}, \frac{7}{1} \right\} = \{5, 6, 7, \dots\}$$



# Su Kalitesi

Bulanık mantık kullanılarak, nehirlerdeki ve göllerdeki su kalitesini belirlemek için çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmıştır.

Örneğin: <http://dx.doi.org/10.5772/64265>

Bu çalışmalarda sözel ve sayısal parametre belirlenmiştir. Bunlardan bazıları:

## Parametre

Su sıcaklığı (temperature)

İletkenlik (specific conductivity)

Renk (colour)

Azot (nitrogen)

Amonyak (ammonia, NH<sub>4</sub>)

Çözülen oksijen miktarı (dissolved oxygen)

Toplam asılı katı (total suspended solids)

...

/ ENVIRONMENT /

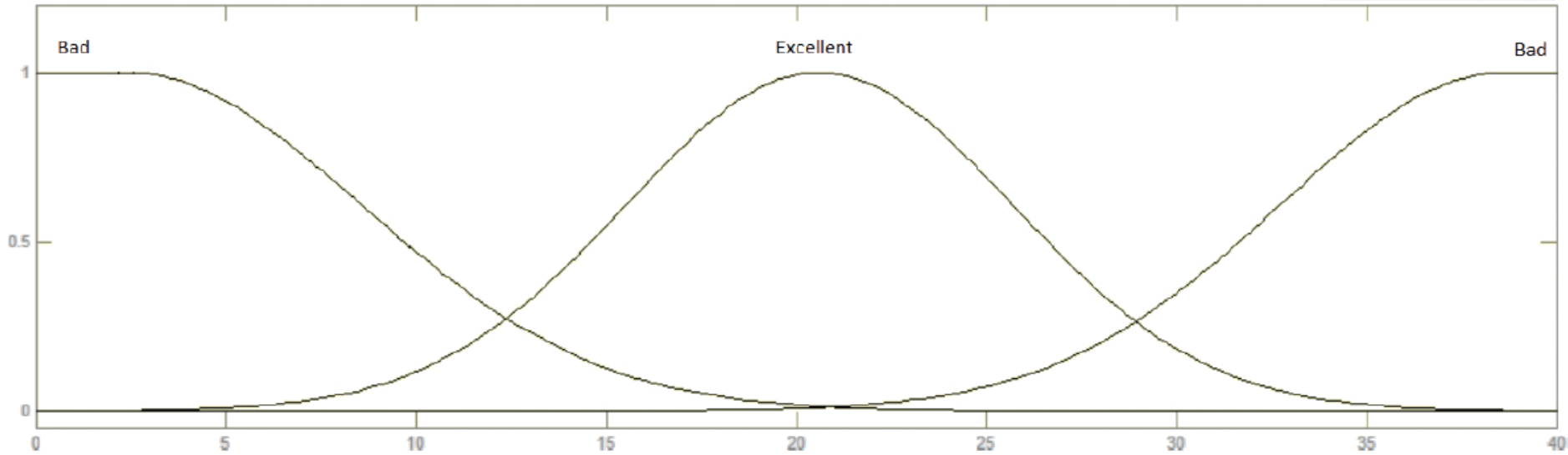
*What is*

**Water Quality  
Index**



**Sıcaklık:** 0-40 °C arasında tanımlanmış.

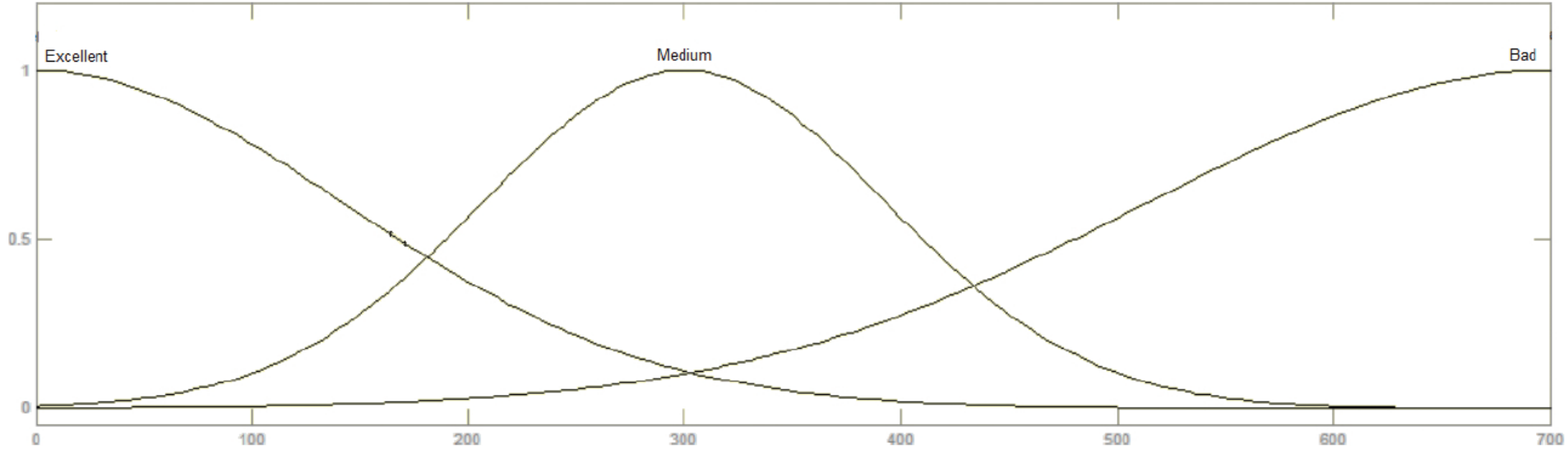
**Kümeler:** Kötü, Mükemmel



**Figure 10.** Membership function for water temperature.

**İletkenlik:** 0-700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında tanımlanmış.

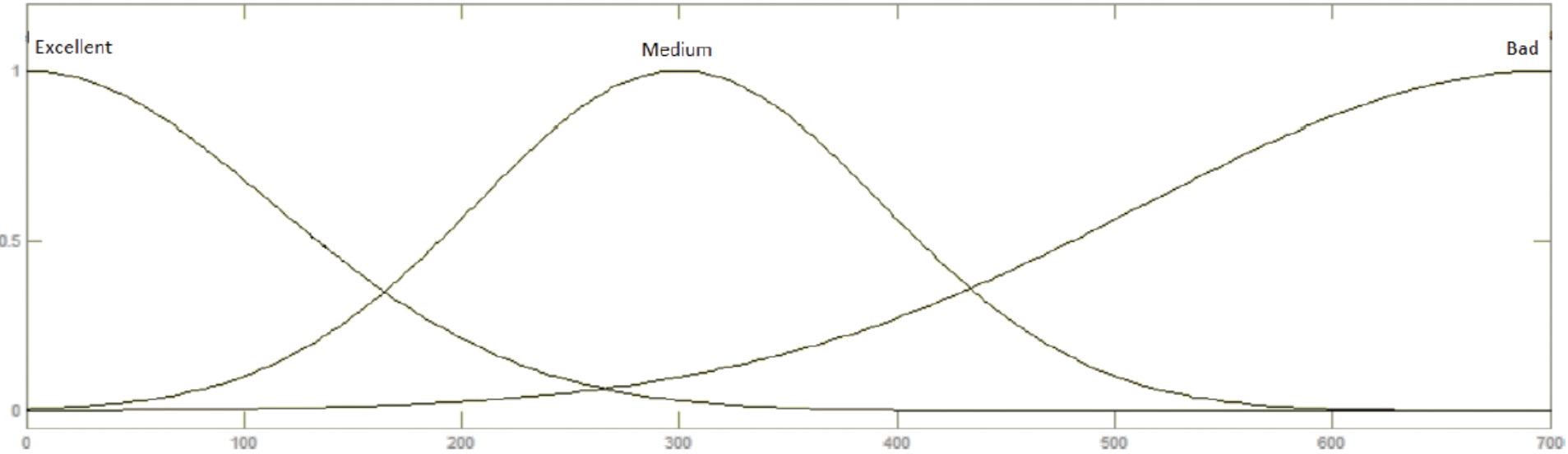
**Kümelere:** Mükemmel, Orta, Kötü



**Figure 5.** Membership function for conductivity.

**Renk:** 0-700 Pt-Co arasında tanımlanmış.

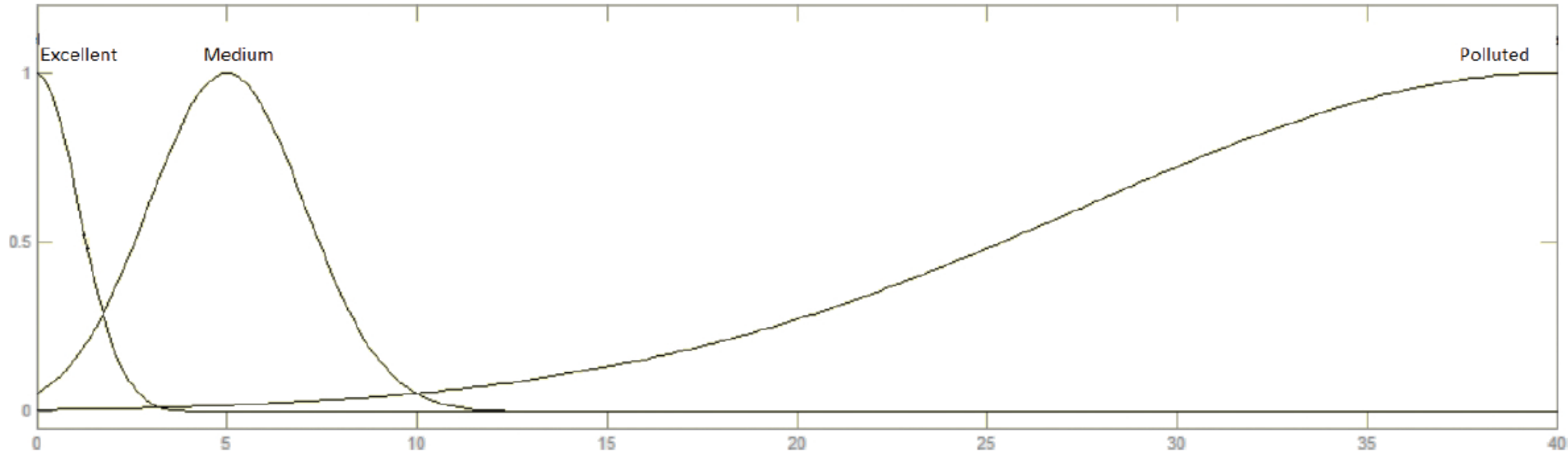
**Kümeler :** Mükemmel, Orta, Kötü



**Figure 6.** Membership function for colour.

**Azot:** 0-40 mg/L arasında tanımlanmış.

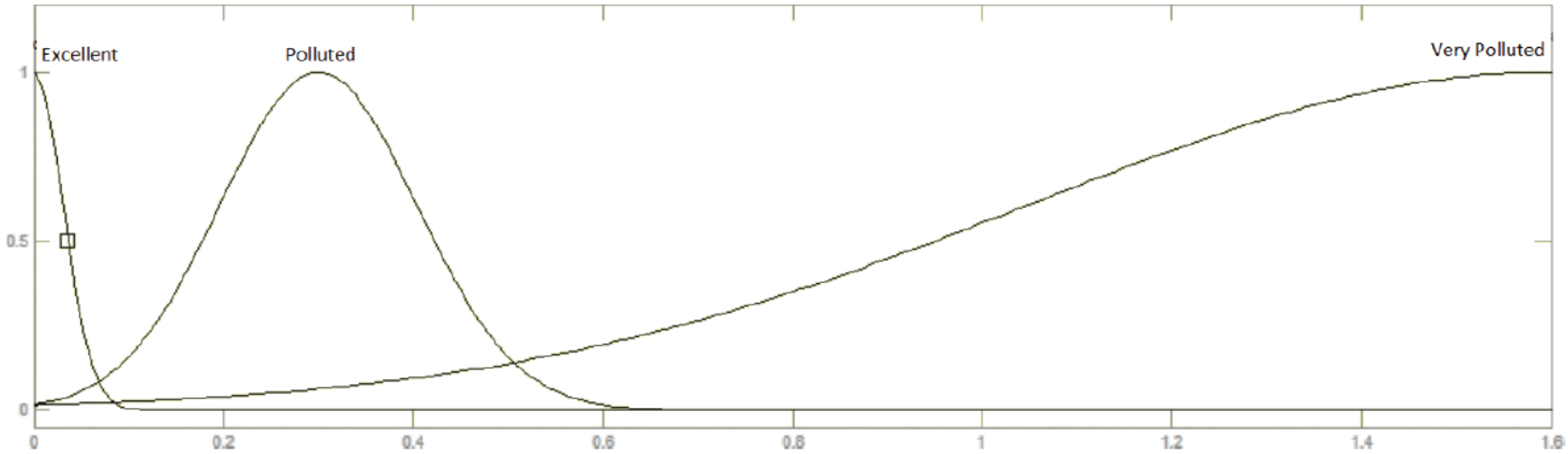
**Kümeler :** Mükemmel, Orta, Kirli



**Figure 8.** Membership function for nitrates.

**Amonyak:** 0-1.6 mg/L arasında tanımlanmış.

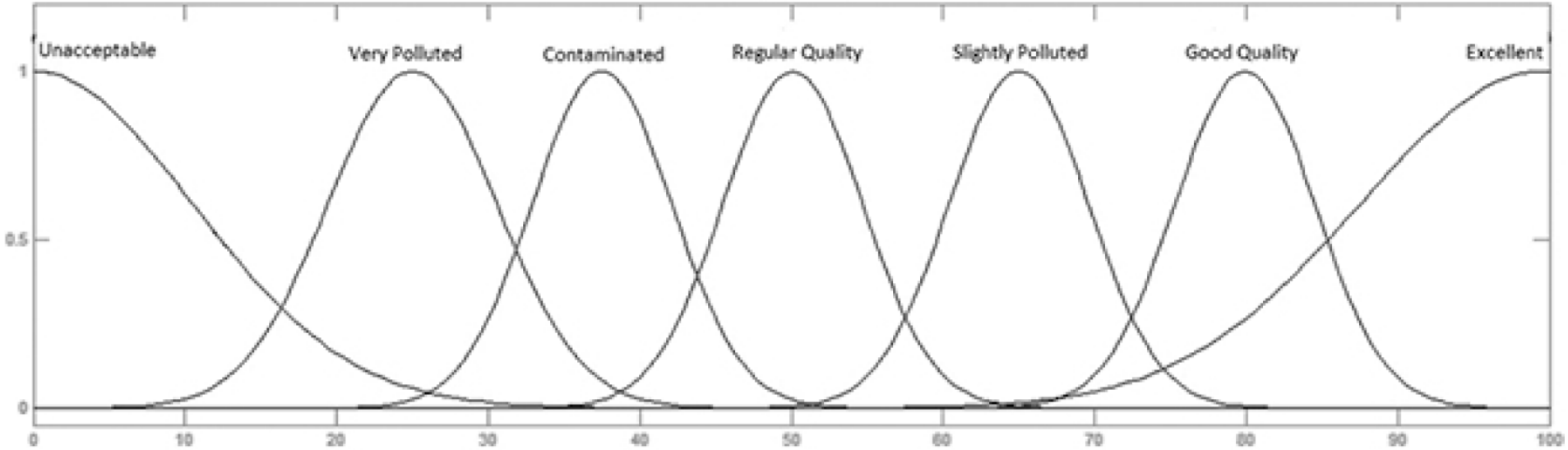
**Kümeler :** Mükemmel, Kirli, Çok Kirli



**Figure 11.** Membership function for ammonia.

**KARAR:** 0-100 arasında tanımlanmış.

**Kümeler :** Kabul edilemez, Çok kirli, Katkılı, Kirli, Az Kirli, İyi, Mükemmel

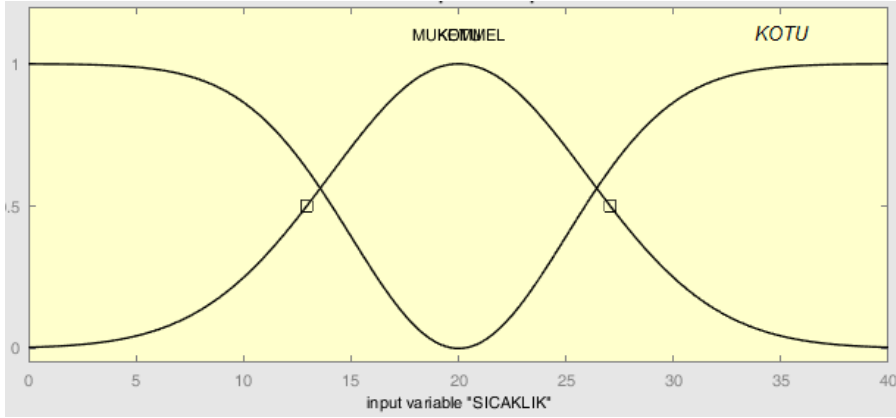


**Giriş** olarak iki parametre seçelim; sıcaklık ve iletkenlik.

Sıcaklık:

MUKEMMEL -> gaussmf [6 20]

KOTU -> igaussmf [5 20]

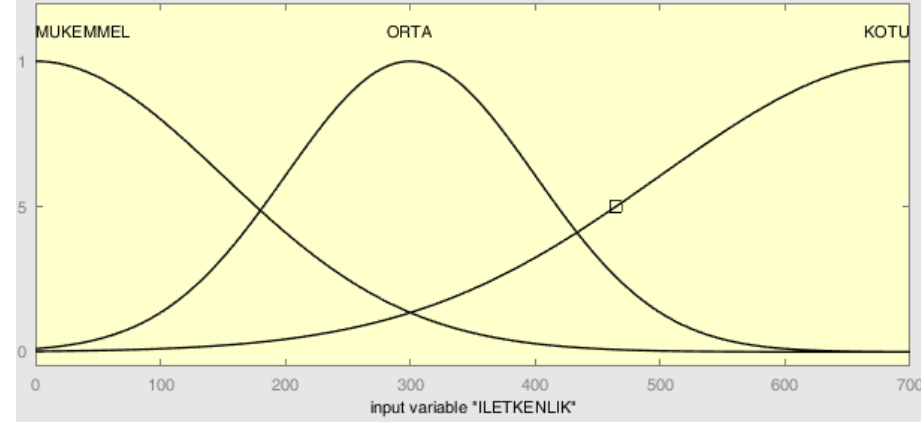


İletkenlik:

MUKEMMEL -> gaussmf [150 0]

ORTA -> gaussmf [100 300]

KOTU -> gaussmf [200 700]





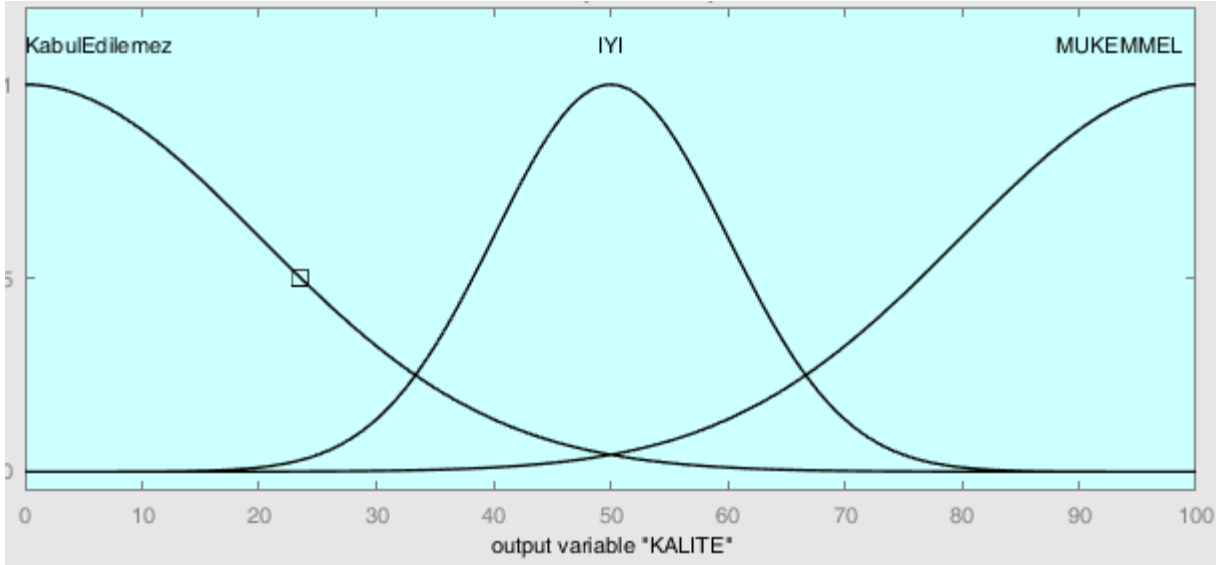
## Çıkış:

Su Kalite İndisi (Water Quality Index):

KabulEdilemez -> gaussmf [20 0]

İYİ -> gaussmf [10 50]

MÜKEMMEL -> gaussmf [20 100]



## Kurallar:

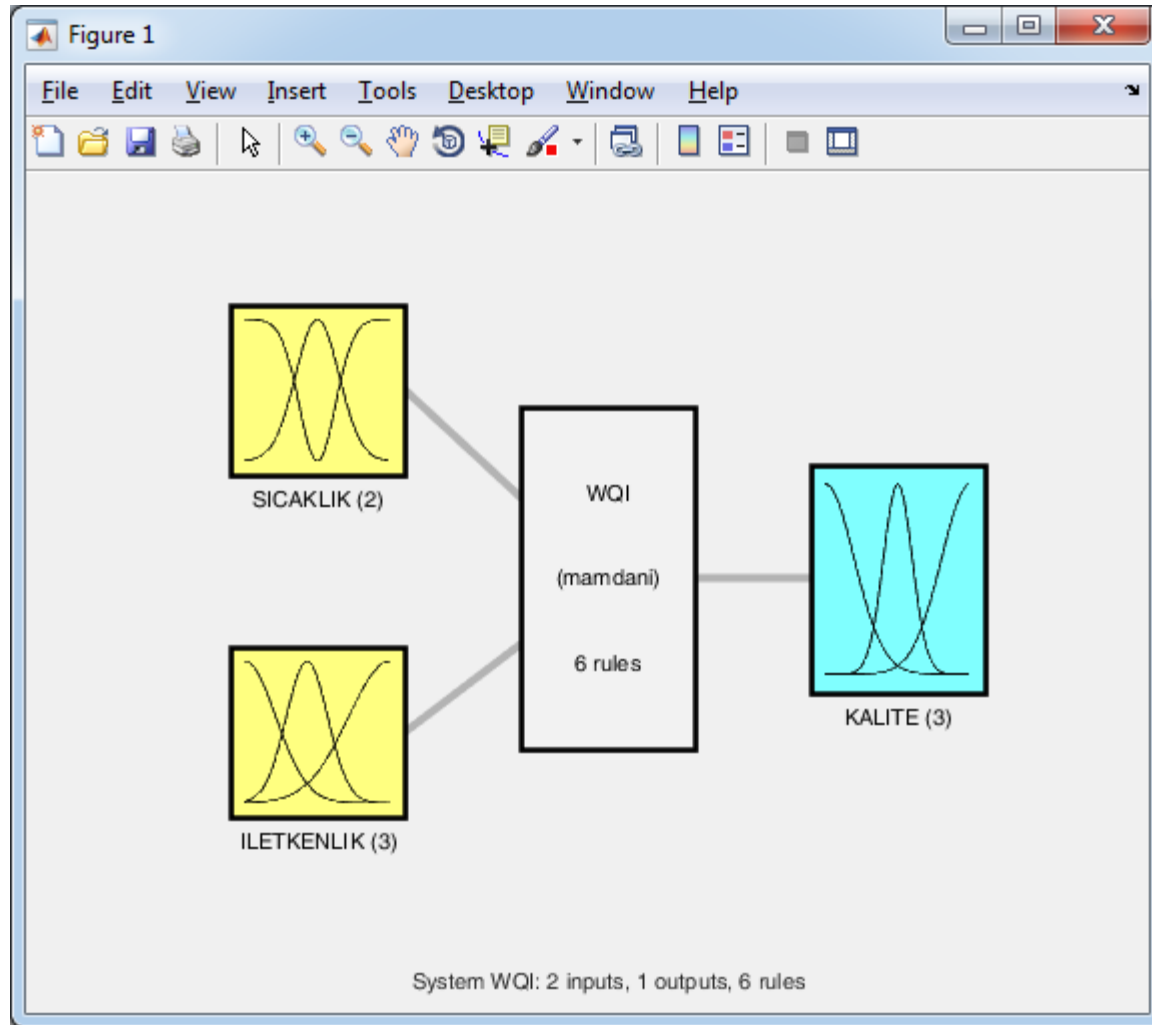
Input, sicaklik = {Mükemmel, Kötü}

Input, iletkenlik = {Mükemmel, Orta, Kötü}

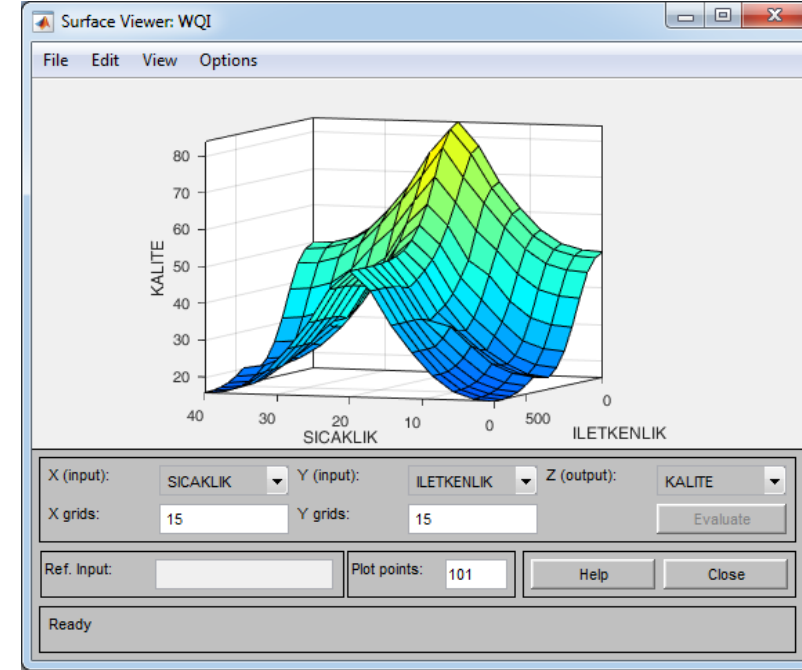
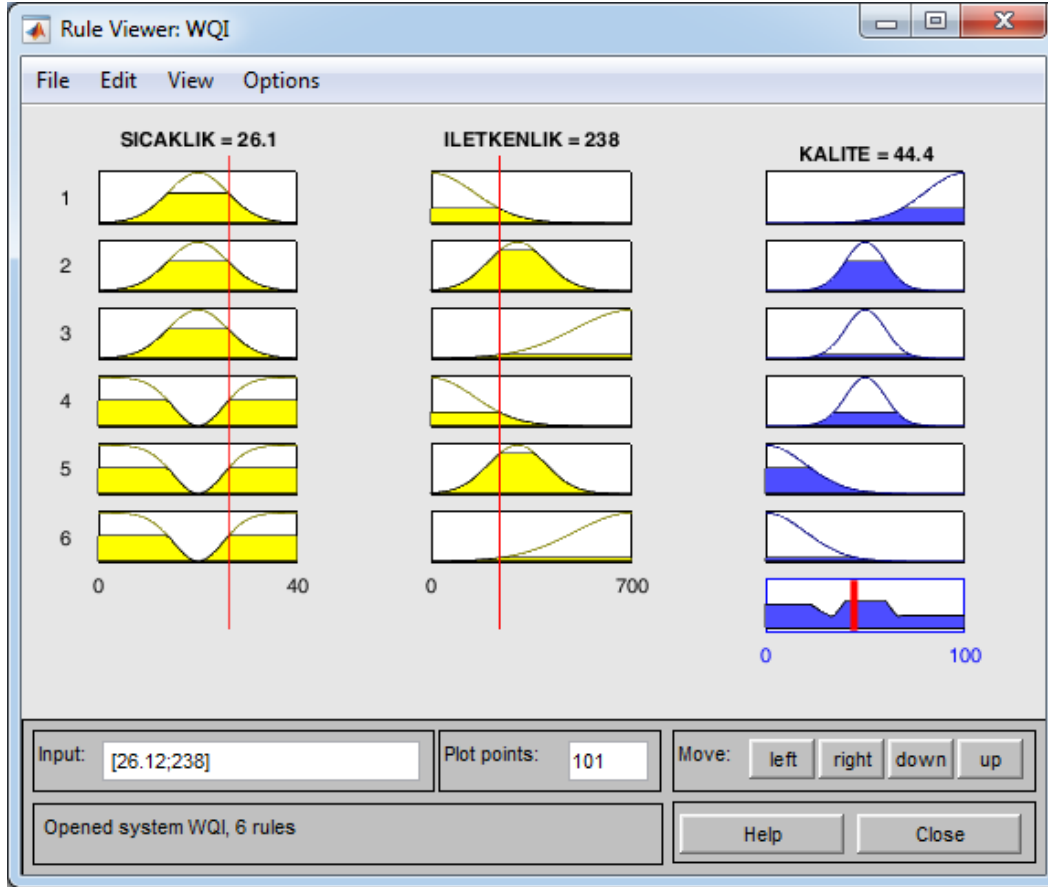
Output, WQI = {KabulEdilemez, İyi, Mükemmel}

	<u>Sıcaklık</u>	
<u>İletkenlik</u>	Mükemmel	Kötü
Mükemmel	Mükemmel	İyi
Orta	İyi	KabulEdilemez
Kötü	İyi	KabulEdilemez

# Tasarım



# Sonuç:



## Kodlama:

```
clear; clc;  
Su = readfis('WQI.fis');  
figure, plotfis(Su)
```

```
sicaklik = 23;  
iletkenlik = 280;
```

```
suKaliteIndisi = evalfis([sicaklik iletkenlik], Su)
```

```
suKaliteIndisi = 50.3421
```